

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

マスク型ハンズフリー入力デバイス

小森谷 大介

指導教員 志築 文太郎 三末 和男 田中 二郎

2014年1月

概要

本研究では、マスク型ハンズフリー入力デバイスを提案する。マスク型デバイスは耳にかけることができるためハンズフリーであり、口又は舌を用いて操作する。操作をマスクにより覆うことにより隠すことができるという利点がある。

本研究では3種類のマスク型デバイスを実装した。ひとつ目はタッチパネルを用いたマスク型入力デバイスである。これは、舌を用いてタッチパネルを舐めることにより操作することができる。しかしながら、タッチパネルを舐めることへの心理的抵抗及び衛生上の問題がある。ふたつ目はフォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスである。これは非接触にて舌及び口の動きを検出し操作に利用することができる。みつつ目は、マイクを用いたマスク型入力デバイスである。これは呼気の方角を入力として操作することができる。またそれぞれのデバイスを比較検討した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	本論文の構成	1
第2章	関連研究	2
2.1	舌または口を用いた研究	2
2.1.1	カメラを用いて口及び舌の動きを検出する研究	2
2.1.2	口内にデバイスを装着する研究	3
2.1.3	口を用いたコミュニケーションデバイス	3
2.1.4	舌を用いたフィードバック	3
2.1.5	呼気を用いた操作	3
2.2	フォトリフレクタアレイによる実装	4
第3章	タッチパネルを用いたマスク型入力デバイス	5
3.1	システム構成	5
3.2	タッチパネルの固定	6
3.2.1	マスクの選定	6
3.2.2	固定方法	7
3.3	タッチ点可視化ソフトウェア	7
3.4	舌と唇の判別	7
3.5	可能な操作の検討	10
3.6	アプリケーション	10
3.6.1	ポインティングアプリ	10
3.6.2	数字入力	10
3.7	考察	11
第4章	フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイス	12
4.1	システム構成	12
4.2	可視化ソフトウェア	12
4.2.1	バイリニア補間による解像度の増加	15
4.3	考察	16

第 5 章	マイクを用いたマスク型入力デバイス	18
5.1	設計	18
5.2	システム構成	18
5.3	音量可視化ソフトウェア	19
5.4	オーディオプレイヤーアプリケーション	19
5.5	考察	19
第 6 章	議論	21
6.1	それぞれの実装の比較	21
6.2	少数の操作による文字入力アプリケーション	21
第 7 章	おわりに	22
	謝辞	23
	参考文献	24

図目次

3.1	タッチパネルを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成	5
3.2	タッチパネルの固定に利用したマスク	6
3.3	固定することが困難だった立体的なマスク	7
3.4	タッチパネルの固定方法	8
3.5	タッチ点可視化ソフトウェア	9
3.6	タッチパネルに唇を反応させなくさせるためのプラスチックシート	9
3.7	プラスチックシートを含めてマスクに組み込んだ様子	9
3.8	数字入力のための UI	11
4.1	フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成	13
4.2	8 × 8 のフォトリフレクタアレイ	13
4.3	ハードウェアの外観	14
4.4	フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスの回路図	14
4.5	フォトリフレクタアレイ可視化ソフトウェア、(a) 生の画像、(b) 補完した後の 画像	15
4.6	バイリニア補間	15
4.7	22 × 22 に線形補間した画像	16
4.8	33 × 33 に線形補間した画像	16
5.1	マイクを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成図	18
5.2	マイクを用いたマスク型入力デバイスの外観	19
5.3	音量可視化ソフトウェア	20

第1章 はじめに

本研究では、マスク型ハンズフリー入力デバイスの開発を行う。本章では、まず研究の背景と目的を述べる。次に、本論文の構成を述べる。

1.1 背景

我々が何らかの機器を操作する際は手を用いることがほとんどである。しかしながら手を利用できない場面というのは存在する。たとえば、手が汚れている場合、荷物を持っている場合、手をけがしてしまった場合などがそれにあたる。しかしながらそのような場面でも機器を操作したいという欲求は存在する。

また、自分がどのような操作を行っているのか他人に知られたくないという場面も少なからず存在する。たとえば、会議中のメールの返信や、パスワード入力などがあげられる。これらの解決策としてマスク型のデバイスならば操作しているところを隠すことができるため、どのような操作をしているのか周囲の人に隠すことが可能である。

1.2 目的

本研究の目的はマスク型のハンズフリー入力デバイスを提案することである。そのためタッチパネル、フォトリフレクタアレイ、マイクの3つの入力素子を用いてそれぞれプロトタイプとなるデバイスを作成した。

1.3 本論文の構成

1章以降の本論文の構成は以下の通りである。2章では関連研究を紹介する。3章ではタッチパネルを用いたマスク型入力デバイスについて述べる。4章ではフォトリフレクタのアレイを用いたマスク型入力デバイスについて述べる。5章ではマイクを用いたマスク型入力デバイスについて述べる。6章にて議論を行い、最後に7章にて本論文の結論を示す。

第2章 関連研究

本研究にてマスク型ハンズフリー入力デバイスを提案している。そこで本章では、口や舌を用いた操作の研究を述べる。また、フォトリフレクタのアレイを用いた実装を行ったため、フォトリフレクタのアレイを用いた研究を述べる。

2.1 舌または口を用いた研究

舌または口を用いた操作手法の研究はカメラを用いるもの、デバイスを口に装着するもの、デバイスを手を用いて保持して利用するものの3種類に分類される。カメラを用いる研究は非接触に検出できるという特徴がある。デバイスを口に装着する研究は操作の触覚フィードバックが存在するという特徴が存在する。口を用いたコミュニケーションデバイスもいくつか研究されており、これらはデバイスを手で保持したり、机の上に置くなどして利用する。また、舌を用いたフィードバックの研究も存在する。

2.1.1 カメラを用いて口及び舌の動きを検出する研究

Miyauchi らは深度カメラ及びRGBカメラを用い、舌の動きを検出している[MKN13]。検出方法としては、RGBカメラにより顔認識を行い口を検出する。その後深度カメラにより口から突き出された舌を検出し、その舌の上下左右の動きを検出しカーソル移動を実現している。

Liu らはRGBカメラのみを用いて舌によるコンピュータの操作を可能にしている[LNRZ12]。Liu らの研究は舌の動きだけでなく口を開く閉じるという動作も操作に利用している。

Chan らによる Mouthbrush は、RGBカメラを用いて口の動きを操作に用いる研究である[CLT03]。

Mouthbrush では、ヘッドマウンテッドカメラを用いている。そのため、カメラが常にユーザの口を撮影することができユーザがカメラの方向を向く必要性がない。また Mouthbrush はペイントを対象とした口及び手を用いた操作手法であり、口による操作により手による操作を拡張している。ユーザはペンタブレットを用いてペイントを行うが、口の開き方によって色やブラシのサイズなどを変更することができる。

2.1.2 口内にデバイスを装着する研究

Saponas らは口の中に装着するデバイスを利用することにより舌の動きを検知し、コンピュータを操作することができるデバイスを開発した [SKPT09]。このデバイスには舌の動きを検出するために前後左右の4か所にフォトリフレクタが備え付けられている。また口の中に固定するために、歯科矯正にて使われるワイヤが備え付けられている。しっかりと口の中で固定するために、このワイヤは個人によって変更される必要がある。テトリスを用いた被験者実験を行っている。上下左右でブロックの移動、左から右又は右から左のジェスチャをブロックの回転として操作を割り当てている。全員の被験者（3名）は5分ほどゲームオーバーにならずに、ゲームをプレイすることができた。

Slyper らは口にくわえることにより操作できるデバイスを開発した [SLFH11]。ユーザはこのデバイスをジョイスティックのように使うことができる。このデバイスは口にくわえる部分が4つにわかれており、舌を用いてそれを押すことにより操作する。着ぐるみの中に入った人がこれを操作し、着ぐるみのキャラクターの音声を選択し、再生するために使うことを想定している。

2.1.3 口を用いたコミュニケーションデバイス

Samani らは遠隔地の相手とキスをするためのシステムを開発した [SPR⁺12]。デバイスに対してキスを行うと圧力センサにより唇の動きを取得し、それを相手に伝える。相手側のデバイスにおいてはモータによって唇の動きを再現することができる。高橋らも同様に遠隔地の人間とキスを行うデバイスを開発した [高橋 11]。デバイスにはチューブが取り付けられており、これを舌で動かすことにより遠隔地の人間に舌の動きを伝えることができる。

2.1.4 舌を用いたフィードバック

Dublon らは、舌に電圧をかけることにより、触覚提示を行う。Tongueduino を開発した [DP12]。Tongueduino を舌の上に固定することにより、触覚フィードバックを得ることができる。3×3の四角形の場所に、それぞれ触覚提示される。触覚提示する場所を順々に変えることにより、方角をユーザに教えることができる。

2.1.5 呼気を用いた操作

Filho らは、スマートフォンのマイクを用いて、呼気のテキスト入力を実現した [FFPV13]。Kuzume は、呼気及び歯と歯の接触を用いた入力インタフェースを開発した [Kuz10]。ピエゾ素子により呼気の検出を行い、イヤフォンタイプの骨伝導マイクにより歯の接触を検出している。

2.2 フォトリフレクタアレイによる実装

Liu らの FlexAura はペン型デバイスを赤外線 LED 及びフォトトランジスタのアレイにて覆うことにより、把持姿勢や周囲の物体を検出することができる [LG12]。赤外線 LED のカソードにトランジスタを、アノードにハイパワーシフトレジスタを接続することにより LED 一つを 300mA で駆動している。また、LED を一つずつ駆動させることにより、ノイズの低減及び駆動電力の削減を行っている。このデバイスは 30mm までの距離を測定が可能である。また、キャリブレーションとして 0”、0.5”、1.0”の 3 点でキャリブレーションを行い、メディアンフィルタを用いてノイズの低減を行っている。

Choi らの RemoteTouch は、TV リモコンとしてホバーを検知できるタッチスクリーンを用いたインタラクションの研究である [CHL⁺11]。ホバーを検知するタッチスクリーンとしてフォトトランジスタ及び赤外線 LED のアレイを用いて実装を行っている。認識可能な最大距離は 10mm である。フォトトランジスタ及び LED は基板を挟んで分かれており、これにより赤外線 LED から照射された光がフォトトランジスタに直接当たることを防いでいる。Choi らの ThickPad はラップトップコンピュータのタッチパッドをホバーを検出できるように拡張した研究である [CHK⁺11]。ThickPad は、圧力検出、タッチセンシング、ホバーセンシングの 3 つの層から構成されている。ホバーセンシングには赤外線 LED 及びフォトトランジスタのアレイを用いている。8 × 10 の赤外線 LED は一つずつ順番に点灯する。9 × 11 のフォトトランジスタはすべて並列に接続されており、指及び手からの反射光を測定し、8 × 10 のイメージ画像を構成している。その後線形補間を行っている。

Gu らの LongPad はラップトップコンピュータのタッチパッドを中央の一部に配置するのではなく、キーボードの下部分全体に配置することにより、ホバーの検出及び操作している手を認識する研究である [GHH⁺13]。9 × 33 の赤外線 LED は一つずつ点灯し、並列に接続されたフォトトランジスタが反射光を検出する。

第3章 タッチパネルを用いたマスク型入力デバイス

マスク型入力デバイスの一つとして、タッチパネルを用いてプロトタイプを開発した。本章ではこのプロトタイプの機能や入力方法、及びその設計を述べる。

3.1 システム構成

システム全体の構成を図 3.1 に示す。現在はタッチパネルとしてスマートフォン（PANTECH 社 VEGA PTL21、OS : Android 4.1.2、画面サイズ : 4.3 インチ、端末サイズ : 約 65 × 129 × 10.8mm、重さ約 134g）を用いた。スマートフォンを用いた理由は手ごろなサイズかつ入手性が良く、静電容量式のタッチパネルが搭載されているからである。また、衛生上の観点から利用前にアルコールタオルを用いてタッチパネル表面を拭き、食品用ラップフィルムである NEW クレラップ¹をかぶせている。

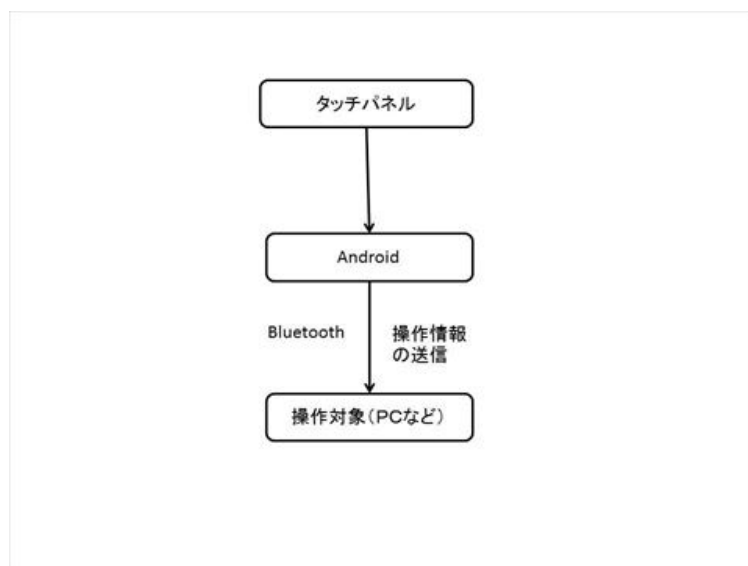


図 3.1: タッチパネルを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成

¹<http://kurelife.jp/products/newkurewrap/>

3.2 タッチパネルの固定

タッチパネルの固定方法として、以下の方法を考えた。

- マスク型のスマートフォンケースを作成して、タッチパネル搭載のスマートフォンを固定する
- マスクにスマートフォンを直接固定する

前者は特別なケースを作成する必要があるが、しっかりと固定される。後者は簡単に固定することができるが、固定がしっかりとされない。まずは、後者のマスクにスマートフォンを直接固定する方法を利用することにした。

3.2.1 マスクの選定

マスクには図 3.2 のような平面の形状をしたものと図 3.3 のように立体的なマスクが存在する。立体的なマスクは、タッチパネルが曲がらないために固定できなかった。そのため図 3.2 のような平面の形状をしたマスクを利用した。



図 3.2: タッチパネルの固定に利用したマスク



図 3.3: 固定することが困難だった立体的なマスク

3.2.2 固定方法

固定には、図 3.2 のような平面の形状をしたマスクと 16 号の輪ゴムを利用した。タッチパネルとマスクを輪ゴムでくくり図 3.4 のように固定した。

3.3 タッチ点可視化ソフトウェア

舌の動き及びタッチの仕方を探るためにタッチパネルのタッチ点を可視化するソフトウェアを作成した。プログラムのスクリーンショットを図 3.5 に示す。黒い枠がタッチパネルを、黒い点が現在タッチされている点を可視化している。図 3.5 はタッチパネルを舐めたときの様子を表しているが、3 つあるうちの上下の 2 つの黒い点が唇を示しており、中央の点が舌を示している。これは静電容量式のタッチパネルは舌だけでなく唇にも反応するからである。

3.4 舌と唇の判別

可視化プログラムを利用し舌の動きを観察していると舌だけでなく唇とタッチパネルに反応していることが判明した。静電容量式のタッチパネルはその仕組み上、皮膚ならば反応するため舌及び唇の両方をタッチとして認識する。そのため舌と唇を区別して認識する必要がある。解決策としては以下の 2 通りを考えた。



図 3.4: タッチパネルの固定方法

- 唇と舌の判別アルゴリズムを構築する
- ハードウェアにより唇を反応させなくする

前者による解決ができれば、舌だけでなく唇の動きも入力情報として利用することができるが、可視化プログラムを利用しながらタッチ点の位置を観測してみたが舌と唇の判別手法は思いつかなかった。そのため後者の方法を採用した。静電容量式のタッチパネルは唇と十分な距離がある場合反応しないため、プラスチックシートを用いて唇をタッチパネルに反応させないようにした。図 3.6 に示すような形にプラスチックシートを切り、唇とタッチパネルの間に挟んだ。これによりタッチパネルと唇の間に十分な空間が空くことになり、タッチパネルは唇のタッチを認識しなくなる。

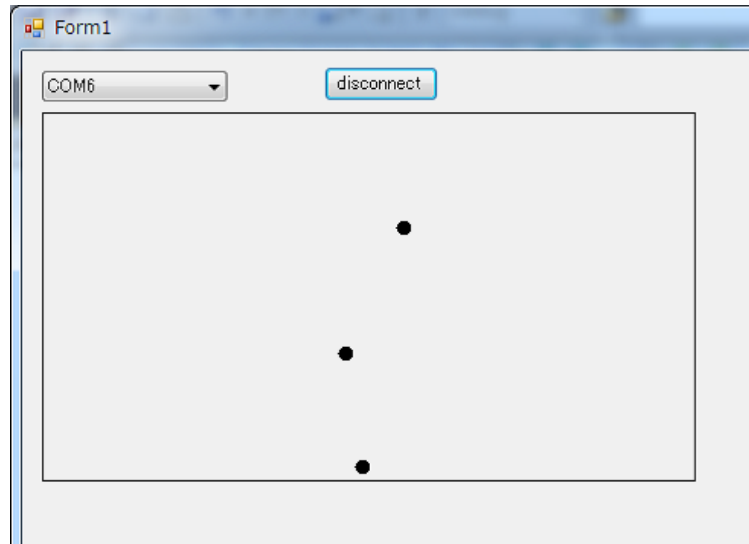


図 3.5: タッチ点可視化ソフトウェア



図 3.6: タッチパネルに唇を反応させなくさせるためのプラスチックシート

3.5 可能な操作の検討

タッチ点可視化ソフトウェアを利用し、どのような操作が可能か筆者が実際に使用し検討したところ以下ようになった。

タッチパッド操作

タッチパッド操作とはタッチパッドのように触れてなぞった分だけポインタ等が移動するという操作のことである。タッチパネルを舌を用いて舐めた分だけポインタ等が移動するという操作

上下左右のフリック操作

ユーザは舌を用いて上下左右のフリック操作が行える。指を用いたフリック操作と異なり、舌の可動域は限られるためタップ操作との閾値の設定が重要になってくる。また、上下移動又は左右移動では舌の可動域は異なる。今回の実装においては上下及び左右の閾値は同じ値を使用している。

タップ

ユーザは舌を用いてタップ動作が行える。フリック動作との競合するため閾値の設定が重要になってくる。比較的容易に行うことができたが、フリック操作と認識することもあった。

3.6 アプリケーション

3.6.1 ポインティングアプリ

タッチパッド操作によりマウスポインタが移動する PC 用アプリケーションを実装した。しかしながら、実際に使用したみたところマウスポインタがぶれてしまい使い物にならなかった。

3.6.2 数字入力

現在の実装においては、数字入力が可能である。数字入力は、舌によるフリック及びタップにより入力される。ユーザには図 3.8 に示されるような画面が表示され上下左右のフリックにより選択している数字の移動を行う。その後タップにより数字の入力を行う。

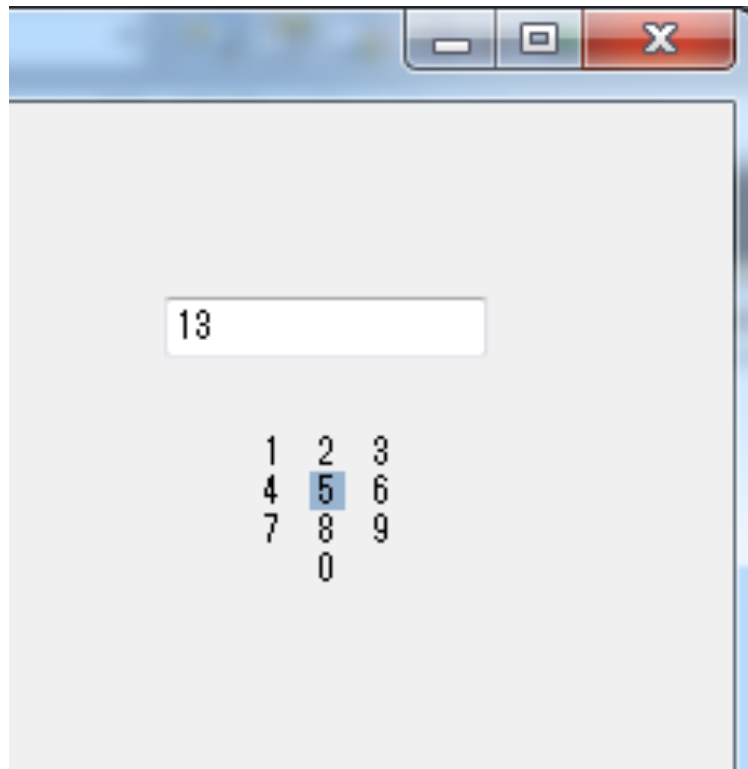


図 3.8: 数字入力のための UI

3.7 考察

タッチパネルを用いて舌舐め動作を用いた操作インタフェースのプロトタイプを開発した。開発したプロトタイプは、ハンズフリーで数字の入力が行える。しかしながら、タッチパネルとしてスマートフォンを用いた実装には、衛生上の問題があげられる。6名の大学生及び大学院生に聞き取り調査を行ったところ6名がタッチパネルを舐めることに心理的抵抗があると回答した。また、タッチパネルとして利用したスマホが重すぎてマスク型デバイスを装着した際に安定しないという問題もあった。その他にも静電容量式のタッチパネルは、水滴により誤作動が起きるという性質があるが、唾液により同じように誤作動が起きていた。

第4章 フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイス

舌舐め動作を検出するためにタッチパネルと用いた実装を行ったが、タッチパネルを舐めることへの心理的抵抗や唾液による誤作動といった課題があげられたため、これを改善する実装としてフォトリフレクタアレイを用いた実装を行った。フォトリフレクタアレイを用いることにより、非接触に舌の動きを検出することができると考えた。本章では、非接触に舌の動きを検出することができる入力デバイスの設計、実装を述べる。

4.1 システム構成

システム構成を図 4.1 に示す。顔の形に合わせるためフレキシブル基板にフォトリフレクタのアレイを実装した (図 4.2)。これにより、基板を湾曲させることができ口を覆うようにフォトリフレクタを配置することが可能となる。ハードウェアの外観を図 4.3 に示す。回路は図 4.4 のようになっており、 8×8 の格子状に並べられた 64 個のフォトリフレクタ (TPR-105F) と 4 台のマルチプレクサ、1 台の mbed から構成されている。64 個のフォトリフレクタは、16 個ごとに 1 台のマルチプレクサに接続され、4 台のマルチプレクサを 1 台の mbed が制御している。また、mbed は 1 台の PC とシリアル通信により接続されている。mbed の電源は USB により PC から供給されている。フォトリフレクタのアレイ及びマルチプレクサは mbed の A/D 変換機の最大電圧が 3.3V であるため、直流安定化電源により 3.3V にて駆動している。

4.2 可視化ソフトウェア

可視化ソフトウェアは各フレーム毎にフォトリフレクタの値の重心 (x_g, y_g) とフォトリフレクタの距離の最小値を求める。重心 (x_g, y_g) を求める式は以下の通りである。ここで $m(i, j)$ は対応する位置のフォトリフレクタの値、 x_i, y_i はフォトリフレクタの置かれた軸である [KST13]。

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^8 x_i \sum_{j=1}^8 m(i, j)}{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 m(i, j)}, y_g = \frac{\sum_{i=1}^8 y_i \sum_{j=1}^8 m(i, j)}{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 m(i, j)} \quad (4.1)$$

可視化ソフトウェアの外観を図 4.5 に示す。ソフトウェアの (a) は現在の各フォトリフレクタの値を色の濃淡にて表現している。白い丸は距離の最小値を表し、赤い丸は重心を表している。(b) は (a) をバイリニア補間をし、画像の解像度を増加させたものを表現している。

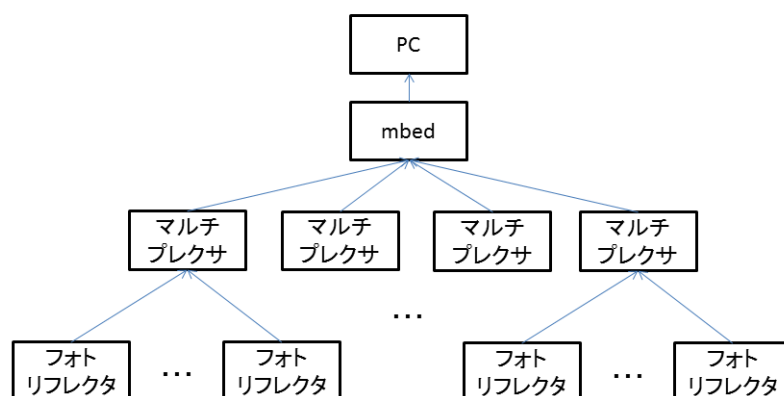


図 4.1: フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成

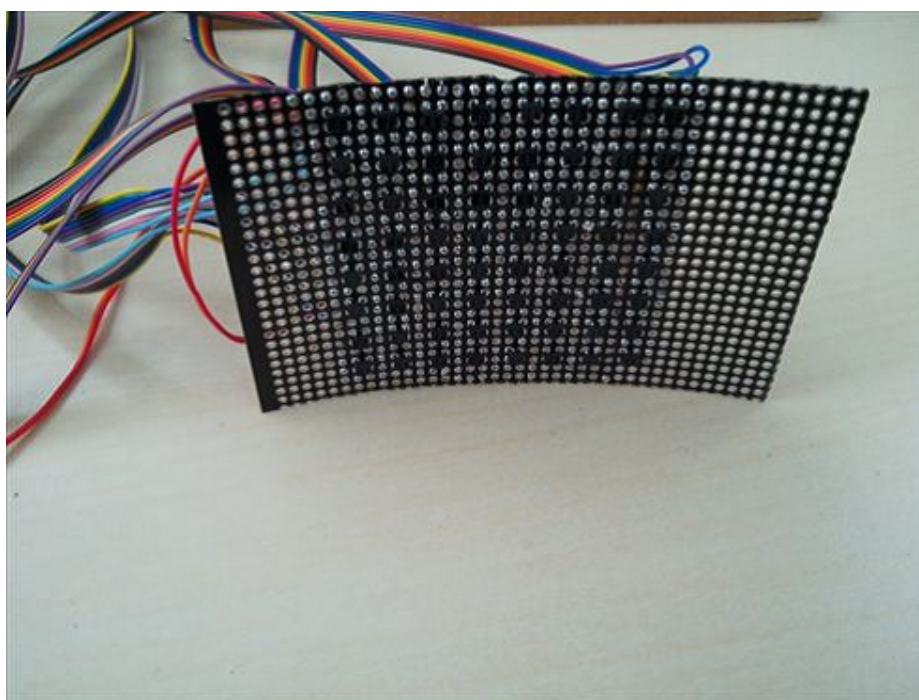


図 4.2: 8×8 のフォトリフレクタアレイ

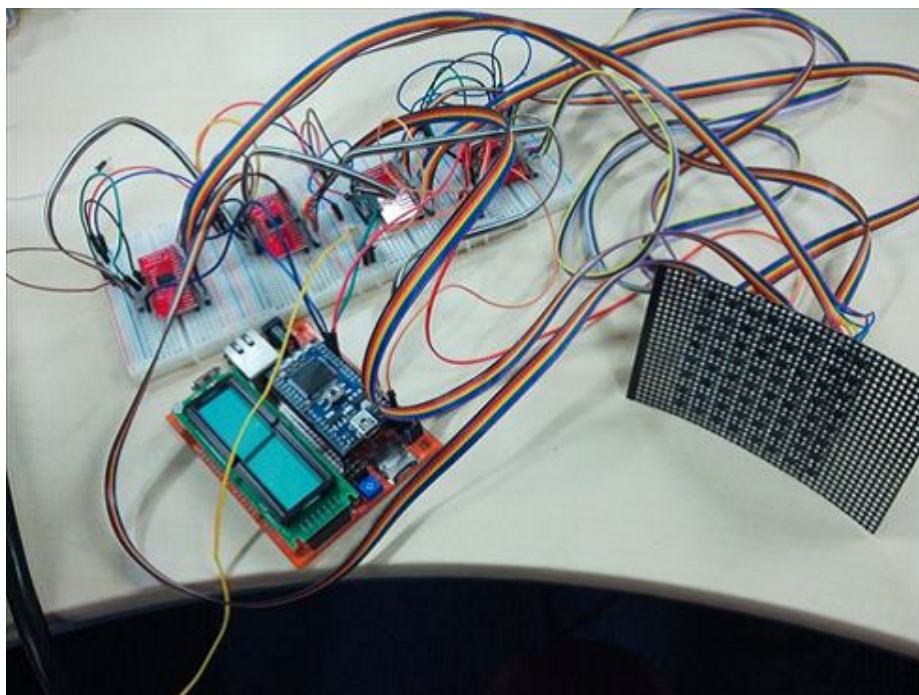


図 4.3: ハードウェアの外観

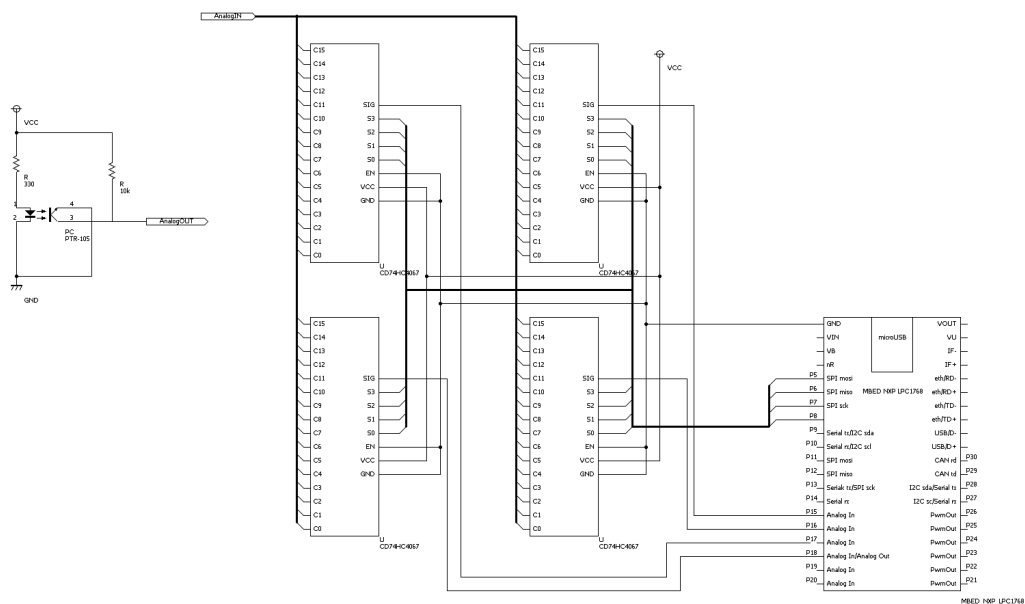


図 4.4: フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスの回路図

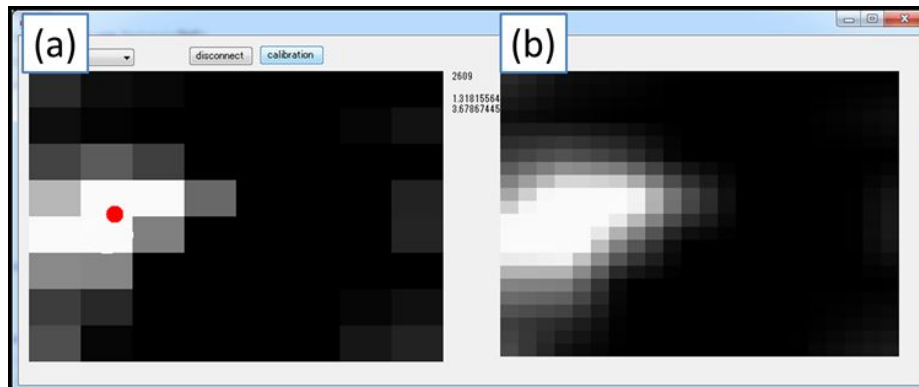


図 4.5: フォトリフレクタアレイ可視化ソフトウェア、(a) 生の画像、(b) 補完した後の画像

4.2.1 バイリニア補間による解像度の増加

現在のフォトリフレクタアレイは 8×8 であるが、バイリニア補間することにより解像度を任意に上げることができるようにした。バイリニア補間は求めたい座標の画素値を4点の画素値の重み付け平均により平滑化している。 $I(x', y')$ を求める際に α などを図 4.6 のように仮定する。

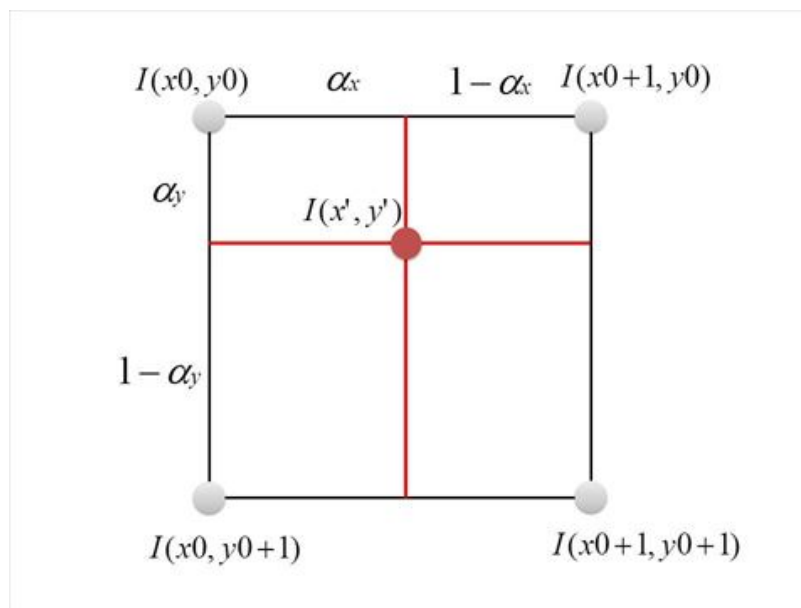


図 4.6: バイリニア補間

その時、 $I(x', y')$ は以下の式により求まる。

$$\begin{aligned}
 I(x', y') = & (1 - \alpha_x)(1 - \alpha_y)I(x_0, y_0) \\
 & + (\alpha_x(1 - \alpha_y)I(x_0 + 1, y_0) \\
 & + (1 - \alpha_x)\alpha_y I(x_0, y_0 + 1) \\
 & + \alpha_x \alpha_y I(x_0 + 1, y_0 + 1)
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

22×22 に補完した画像を図 4.7 に、 33×33 に補間した画像を図 4.8 に示す。補間前と補間後の画像サイズが異なっている原因は、画素一つ当たりの大きさを求める際に発生する小数点の丸めによる誤差である。

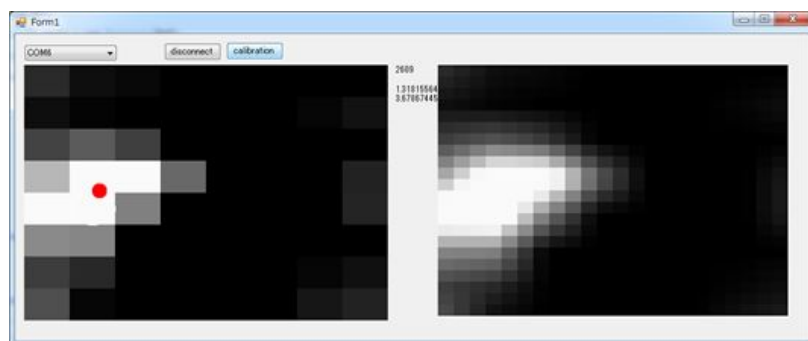


図 4.7: 22×22 に線形補間した画像

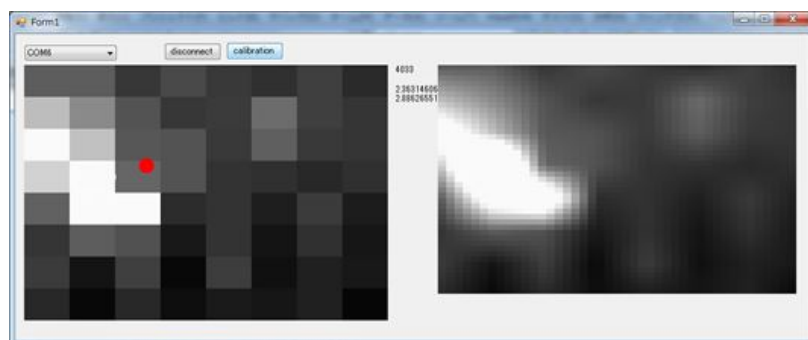


図 4.8: 33×33 に線形補間した画像

4.3 考察

フォトトリフレクタアレイを用いることにより非接触に舌の動きを検出できると考え実装した。フォトトリフレクタアレイは動作しており、指の動きを検出することはできた。しかしながら、マスク型デバイスとして実装し舌の動きを検出することはできなかった。原因として

はフォトリフレクタの検出可能距離及び実装密度の問題が挙げられる。今回使用したフォトリフレクタ（TPR-105）の検出可能距離は 1mm～10mm であり、舌の動きを検出するには十分であると考えていたが可視化ソフトウェアを用いてみたところ、この検出距離では短いことが判明した。また、配線が多くアレイが大型になっておりマスクへの固定が困難であった。

実装密度が大部分が口を検出しており、舌の動きを検出していないことも問題である。しかしこれは、口の開閉も検出できる可能性を示しており、口と舌を用いた入力デバイスが実現可能なことを示唆している。

第5章 マイクを用いたマスク型入力デバイス

本章では、マイクを用いたマスク型入力インタフェースの提案及び実装について述べる。

5.1 設計

フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスはアレイを用いているため大型化してしまい、マスク型にできないという問題があった。そこで、マイクを用いたマスク型入力デバイスを提案する。呼吸には呼気と吸気があるが本研究では呼気に着目した。呼気には向きと強さの2つのパラメータが存在する。本研究では呼気の向き及び大きさを認識し入力として利用することとする。このデバイスは部品点数が少なく実装でき、小型にすることができる。

5.2 システム構成

図 5.1 にシステムの構成図を示す。

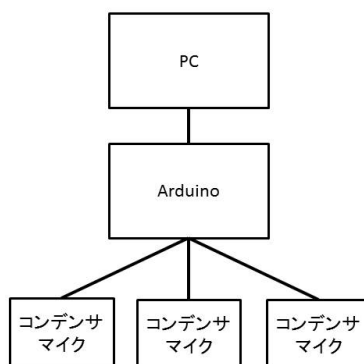


図 5.1: マイクを用いたマスク型入力デバイスのシステム構成図

マスクには左、中央、右の3か所にそれぞれ1個のマイクが固定されている（図5.2）。それぞれのコンデンサマイク（WM-61A）はArduinoに接続されており、AD変換した結果がシリアル通信によりPCに送信されている。マイクの本数は5つまで増やすことが可能である。

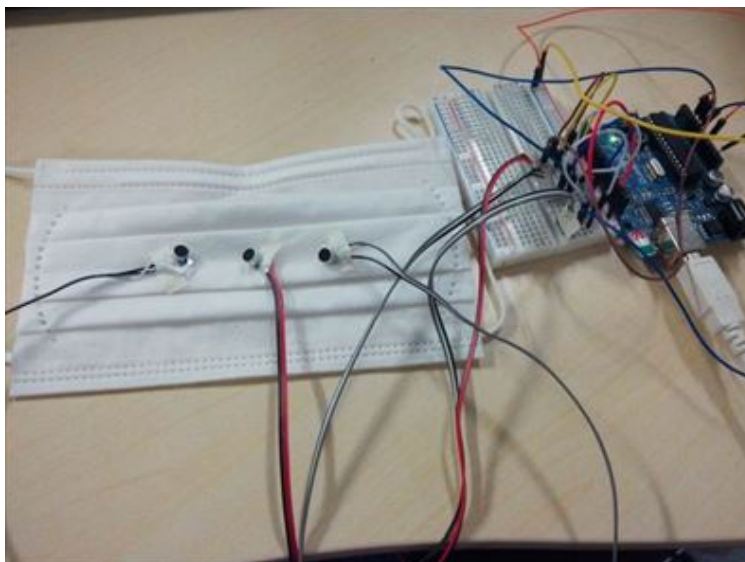


図 5.2: マイクを用いたマスク型入力デバイスの外観

5.3 音量可視化ソフトウェア

マイクの音量を可視化するソフトウェアを作成した。マイクが1個だけ接続されているソフトウェアのスクリーンショットを図5.3に示す。オレンジ色の点が現在のマイクの音量を紫色が過去30データの平均値を表している。

5.4 オーディオプレイヤーアプリケーション

マイクを用いたマスク型入力デバイスを用いたアプリケーションとしてオーディオプレイヤーを実装した。実装したオーディオプレイヤーは再生、停止、次の曲、前の曲の操作を行うことができる。

5.5 考察

マイクを用いたマスク型入力デバイスを開発した。入力には呼気の大きさを用いて操作できる。このデバイスは小型なためマスクとして装着して使用することができる。また処理の

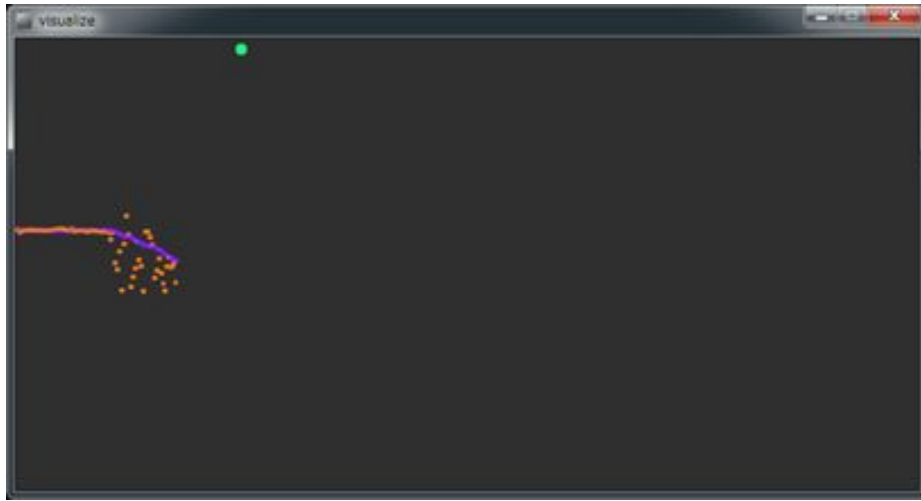


図 5.3: 音量可視化ソフトウェア

大部分をソフトウェアにて実装しているためハードウェアの部品数が少なく、無線化することも可能である。応用例としてオーディオプレイヤーアプリケーションを実装した。

第6章 議論

本章では、それぞれの実装の比較及びアイズフリーの利用について議論する。

6.1 それぞれの実装の比較

本研究でマスク型アイズフリー入力デバイスとして 1) タッチパネルを用いたマスク型入力デバイス 2) フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイス 3) マイクを用いたマスク型入力デバイスの 3 種類の実装を行った。実際に利用してみて、タッチパネルを用いたマスク型入力デバイスは、上下左右のフリック操作及びタップ操作を行うことができた。しかしながら、衛生上の問題及びタッチパネルを舐めることへの心理的抵抗が存在する。著者自身もタッチパネルを舐めることには抵抗がある。

フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスは、口の開閉及び舌の動きを検出できる可能性がある。

マイクを用いたマスク型入力デバイスは、3 種類の実装の中で著者の体感として精度が一番よい。それに加え、心理的抵抗もほかの二つと比べて少ない。

6.2 少数の操作による文字入力アプリケーション

Mackenzie は、少数のキーによる文字入力特性を調査した [Mac09]。それによると 2 カーソルキー+セレクトキー. を用いて 9.61wpm の入力速度、エラー率 2.2% という結果を示した。タッチパネルを用いたマスク型入力デバイス及びマイクを用いたマスク型入力デバイスは、2 カーソルキー+セレクトキー. の操作は可能なため文字入力も可能だと言える。

第7章 おわりに

本研究でマスク型アイズフリー入力デバイスとして 1) タッチパネルを用いたマスク型入力デバイス 2) フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイス 3) マイクを用いたマスク型入力デバイスの 3 種類の実装を行った。タッチパネルを用いたマスク型入力デバイスは、上下左右のフリック操作及びタップ操作を行うことができる。しかしながら、衛生上の問題及びタッチパネルを舐めることへの心理的抵抗が存在する。フォトリフレクタを用いたマスク型入力デバイスは、口の開閉及び舌の動きを非接触にて検出できる可能性がある。マイクを用いたマスク型入力デバイスは、呼気を吐き出す方向により入力デバイスとして利用できる。また、これらのデバイスを比較し議論した。

今後はデバイスを改良し、精度を向上させ被験者実験を行っていきたい。

謝辞

本論文の執筆にあたり、志築文太郎先生をはじめ、高橋伸先生、田中二郎先生、三末和男先生には多くのご助言やご指導を頂きました。特に志築文太郎先生には、研究の方針、論文の執筆、そして私生活に至るまで、丁寧なご指導を頂きました。心より感謝致します。また、インタラクティブプログラミング研究室の皆様にも、大変お世話になりました。日頃から貴重な助言やご意見を頂きました。特に WAVE チームの皆様には、チームゼミでの意見のみならず研究生生活全体に渡っても多くのご意見を頂きました。ここに深く感謝致します。最後に、これまで自分を支えてくれた家族、お世話になった多くの友人達にも心から感謝致します。

参考文献

- [CHK⁺11] Sangwon Choi, Jaehyun Han, Sunjun Kim, Seongkook Heo, and Geehyuk Lee. Thickpad: A hover-tracking touchpad for a laptop. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium Adjunct on User Interface Software and Technology*, UIST '11 Adjunct, pp. 15–16, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [CHL⁺11] Sangwon Choi, Jaehyun Han, Geehyuk Lee, Narae Lee, and Woohun Lee. Remote-touch: Touch-screen-like interaction in the tv viewing environment. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pp. 393–402, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [CLT03] Chi-ho Chan, Michael J. Lyons, and Nobuji Tetsutani. Mouthbrush: Drawing and painting by hand and mouth. In *Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces*, ICMI '03, pp. 277–280, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [DP12] Gershon Dublon and Joseph A. Paradiso. Tongueduino: hackable, high-bandwidth sensory augmentation. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pp. 1453–1454, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [FFPV13] Jackson Feijó Filho, Wilson Prata, and Thiago Valle. Pufftext: A puff controlled software-based hands-free spin keyboard for mobile phones. In *Proceedings of the 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '13, pp. 468–471, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [GHH⁺13] Jiseong Gu, Seongkook Heo, Jaehyun Han, Sunjun Kim, and Geehyuk Lee. Longpad: A touchpad using the entire area below the keyboard of a laptop computer. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 1421–1430, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [KST13] Takuro Kuribara, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. Sinkpad: A malleable mouse pad consisted of an elastic material. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '13, pp. 1251–1256, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [Kuz10] Koichi Kuzume. Input device for disabled persons using expiration and tooth-touch sound signals. In *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing*, SAC '10, pp. 1159–1164, New York, NY, USA, 2010. ACM.

- [LG12] Shenwei Liu and François Guimbretière. Flexaura: a flexible near-surface range sensor. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '12, pp. 327–330, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [LNRZ12] Li Liu, Shuo Niu, Jingjing Ren, and Jingyuan Zhang. Tongible: a non-contact tongue-based interaction technique. In *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ASSETS '12, pp. 233–234, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [Mac09] I. Scott MacKenzie. The one-key challenge: Searching for a fast one-key text entry method. In *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Assets '09, pp. 91–98, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [MKN13] Masato Miyauchi, Takashi Kimura, and Takuya Nojima. A tongue training system for children with down syndrome. In *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '13, pp. 373–376, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [SKPT09] T. Scott Saponas, Daniel Kelly, Babak A. Parviz, and Desney S. Tan. Optically sensing tongue gestures for computer input. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '09, pp. 177–180, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [SLFH11] Ronit Slyper, Jill Lehman, Jodi Forlizzi, and Jessica Hodgins. A tongue input device for creating conversations. In *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '11, pp. 117–126, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [SPR⁺12] Hooman Aghaebrahimi Samani, Rahul Parsani, Lenis Tejada Rodriguez, Elham Saadatian, Kumudu Harshadeva Dissanayake, and Adrian David Cheok. Kissenger: design of a kiss transmission device. In *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference*, DIS '12, pp. 48–57, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [高橋 11] 高橋宣裕, 國安裕生, 佐藤未知, 福嶋政期, 古川正紘, 橋本悠希, 梶本裕之. 「接吻」に着目した触覚コミュニケーションデバイス. *インタラクシオン* 2011, 2 pages, 2011.