

多点配置フォトリフレクタによる 非接触な顔面入力装置の試作

吉池俊貴^{†1} 庄司りか^{†1} 助友文香^{†1}
対月沙織^{†1} 西川忠宏^{†1} 菊川裕也^{†1}
王丹青^{†1} 馬場哲晃^{†1} 串山久美子^{†1}

著者らはマスクや仮面、フルフェイスヘルメット、着ぐるみ等を使用した際に顔面の動きを非接触にて計測しインタフェースとして利用可能なセンシング技術の開発を行っている。これまで、マスク型のオブジェクトにフォトリフレクタを多点配置する事で、非接触にて顔面の動きを計測する事ができた。顔面の動きは主に口、目、眉、頬の動きを計測している。本稿ではこの仕組みを利用して、顔面を入力としたインタフェースとして本機構がどのように利用可能かを提案する。

Prototyping of A Contactless Face Interface By Multiallocated Photoreflectors

TOSHIKI YOSHIKE,^{†1} RIKA SHOJI,^{†1}
AYAKA SUKETOMO,^{†1} SAORI TAIGETU,^{†1}
TADAHIRO NISHIKAWA,^{†1} YUYA KIKUKAWA,^{†1}
TANSEI OH,^{†1} TETSUAKI BABA^{†1}
and KUMIKO KUSHIYAMA^{†1}

We develop noncontact sensing technique to detect user's facial movement with a mask interface such that a mask, face guard, stuffed animal suit and so on. Multiallocated photoreflectors on the mask type object measures user's facial movement with no touch. This interface mainly measure movement of user's mouth, eye, eyebrow and cheek. In this paper we research the possibility of this sensing technique and propose to develop a new mask interface which can detect user's facial movement with no touch.

1. はじめに

表情認識技術や視線インタフェースのように顔面を入力としたインタフェースへの取り組みは盛んである。笑顔検出などにあげられる実用例もふまえ、表情を入力としたインタフェースには大きな可能性があると考えられる。現在多く研究されている顔面を入力とするインタフェースには画像認識技術を応用したものが多く、個人差のある喜びや悲しみ等といった表情のパターンを数多く収集し、機械に学習させる。そしてそのマッチングにより認識させる。または顔面の特徴点を抽出しその変化率から表情を認識させるものがある。しかしこれらの技術には膨大な量のサンプルが必要であったり、顔面の特徴点を定義づけたりすることが困難でありその実現は容易ではない。視線をインタフェースとして利用している例も多々あるが、視線計測には高度なキャリブレーションが必要であったり、計測できる範囲から外れてしまうと検出できないというデメリットもある。本研究では画像認識の技術ではなく、フォトリフレクタを用いた非接触センシング技術により以上の様な研究とは異なるアプローチで顔面の動きを計測し、インタフェースとしてどのように利用可能かを検討し提案することを目的としている。フォトリフレクタの構造は赤外線 LED を発光させ、物体から反射される光をフォトトランジスタ側で受け、その光量によって距離や色を識別できる。そのため本研究ではフォトリフレクタをマスク型のオブジェクト状に配置し、顔の動きを計測する為の機構を実験し考察した。

2. 関連研究

顔動作の検出技術の研究として、画像認識によるものが挙げられる。表情認識において Ekman ら¹⁾ による顔面動作記述法 (Facial Action Coding System:FACS) が顕著である。表情筋 66 種の動きを 44 種類の基本動作 (Action Unit:AU) の合成として捉えることで定量的記述を行うシステムである FACS は、顔筋肉の動作計測に 3 次元計測が必要であり、処理が複雑である。また、2 次元的計測による表情認識方法として、叶²⁾ や小越ら³⁾ は画像の色情報に 2 値化などの画像処理を施し特徴点を抽出、画像ごとの差分から表情を検出した。吉富ら⁴⁾ は赤外線顔温度画像から濃度変化を元に、平均的無表情温度画像と未知表情温度画像との局所的な温度差から表情を検出した。しかし、これら 2 次的計測による手法は、

^{†1} 首都大学東京大学院
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

顔面の3次元形状などの奥行き情報をもたないため、顔の傾きや方向により認識率が急激に減少する。本デバイスは、顔形状3Dデータを元に3D造形機により制作したABS樹脂マスクに対して目や鼻など9つの特徴点にフォトリフレクタを設置することで、顔の傾きや方向などユーザの動きを限定せずに安定した動作情報、奥行き情報の取得を可能とした。フォトリフレクタは、多点同時計測が可能であり、各点間の入力値の差分量を利用した動作のキャプチャリングに有効である。青木ら⁵⁾はギター演奏動作のキャプチャリングにおいて、ギター指板全体にフォトリフレクタを埋め込むことで指板上における手指の位置を検出、同時にどの指を使用して弦を押さえているかを検出した。フォトリフレクタによる撮像のサポートとして、それぞれの指に異なる色でマーキングし色情報を利用し指を特定する。向ら⁶⁾による眼鏡型瞬目(まばたき)検出装置はフォトリフレクタと同システムである赤外線反射型フォトインタラプタにより眼球とまぶたの赤外線の反射率の違いを検出後、センサの出力電圧をマイコンで読み取り出力電圧がしきい値以上なら視覚抑制(瞬目時に視覚の感度が低下する現象)が始まったものとして視覚抑制期間を表す一定時間のパルスを出力する。しきい値とパルス幅は装置の装着者が調整する。本システムでは、マーカレスでユーザの閾値調整を必要とせず、デバイス装着時におけるユーザごとのキャリブレーションを検討している。村山ら⁷⁾や藤田ら⁸⁾による喉頭運動測定器は、12個の反射型フォトセンサ列で前顎部の皮膚面形状変化を測定し喉頭運動・舌骨上筋群筋電図・嚙下音の同時計測を行う。食物を飲み込む運動である嚙下障害者の喉頭運動を測定し、健常者との比較により嚙下機能評価システムの検証に用いられる。非接触で軽量のフォトリフレクタはユーザに身的負担をかけにくい障害者や幼児のモーションキャプチャに有効である。本仮面型デバイスにおいても、医工学分野や教育分野、エンターテインメント分野など様々なユーザシーンへの応用が考えられる。

3. 顔面入力による計測実験

3.1 フォトリフレクタによる多点計測

著者らが開発している顔面入力インタフェースはフォトリフレクタを用いた非接触なセンシング技術を利用したものである。フォトリフレクタを仮面状のオブジェクトに多点配置する事で顔の各部位の動きを検出し、その検出した値を入力として扱う。多点計測する為の一つのセンサが独立して動きを検出でき、また顔面が作り出す表情をパラメータとして取得できるように設計した。

3.1.1 システム構成

本研究では顔面入力インタフェースとして、マスク型のオブジェクトに多点配置したフォトリフレクタとマイコンによって顔面の動きを計測することが出来た。図1に構成図を示す。フォトリフレクタで検知した値はマイコンボードを介しシリアル通信によってProcessingに受け渡す。プロトタイプシステムではProcessingが受け取ったデータから時間軸上にグラフ化し、また顔の動きに応じた動きを画面上でインタラクションを画面上で実装した。

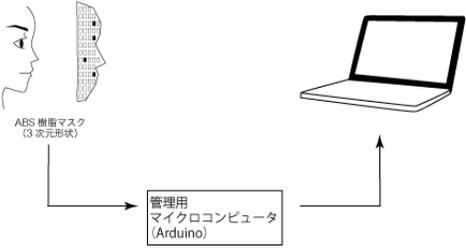


図1 システム構成
Fig. 1 System of Face Interface

3.1.2 センサ感度の調整

本研究ではマスク状のオブジェクトにフォトリフレクタを配置する事で顔面の動きを計測することを考えた。そのためまず顔面のどの部分をフォトリフレクタで検出するか、またその検出する部分とマスクとの最適な距離を計測する必要がある。そこではじめに検出する部分を図2のように決定した。これはユーザが顔を動かす際には図2の箇所が動かしやすいと判断したため、プロトタイプではこのような箇所配置するよう決定した。次に計測する部分から顔面までの距離を計測し、フォトリフレクタとの最適な距離を考察したところ表3からフォトリフレクタと顔面との距離が最小5.12mm～最大17.00mmであることが分かったため、20mm以下での検出が望ましいと判断した。したがってフォトリフレクタの感度は0mm～20mmで最も感度が上がるように回路を設計した。ただし、顔面は左右同じ形状という仮定のもと片側のマスクと顔面の距離のみを計測している。

3.2 計測

計測実験では、図4のようにフォトリフレクタとシステムを設計し、顔面各部位の動きを検出出来るようなシステムを構成した。図2の様にフォトリフレクタを配置して計測実験したところ、A5とA6では口の開閉によってほぼ同じ値が検出できることから一方のみ

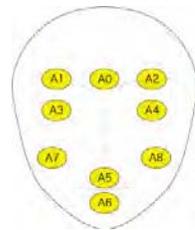


図 2 計測箇所
Fig.2 Measure Point

図 3 マスクと顔面との距離関係 [単位 mm]
Fig.3 Distance from Mask to Face

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6
A0	9.82	17.00	11.41	11.94	12.39	12.32
A1						
A2	11.12	16.61	11.81	12.82	14.18	14.28
A3						
A4	9.57	22.15	16.38	12.59	14.46	12.60
A5	8.33	15.14	14.87	13.58	11.05	13.81
A6	8.46	14.18	16.52	13.58	8.25	10.60
A7						
A8	5.49	15.47	9.75	9.36	5.12	8.92

を採用した．口を動かす際には上下の唇を一緒に開閉するためどちらか一方だけを動かすことは困難であると考えられるため今回は一つのフォトリフレクタで口の動きを検出するようにした．A0 については顔面をしかめたりするときの眉間の動きを検出しようとしていたが，今回の計測実験では検出できなかったため省いた．以上のことから本研究で主にフォトリフレクタを配置計測している箇所を図 4 に示す．

また，各部位毎に検出した値をグラフ化したものを図 5～図 8 以下に示す．

また，この実験でフォトリフレクタから受け取った値をシリアル通信によって Processing に受け渡し，グラフにしたものを図 9 に示す．図右側ではフォトリフレクタによって検出した値を顔面の各部位ごとにわけ，図右上では受け取った値によって円が伸縮するようにし，図右下では時間軸上に顔面の動きが検出できている様子を示す．

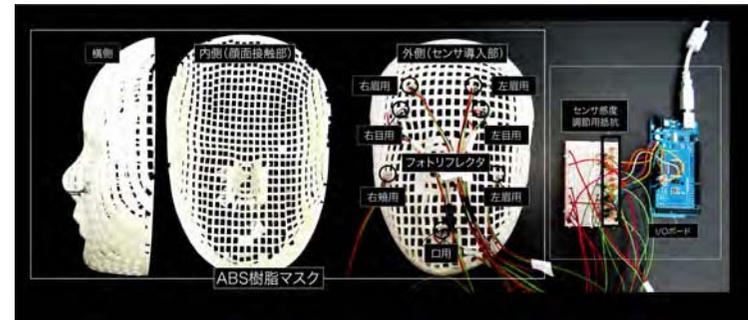


図 4 顔面入力インタフェースのプロトタイプモデル
Fig.4 Prototyping of A Contactless Face Interface

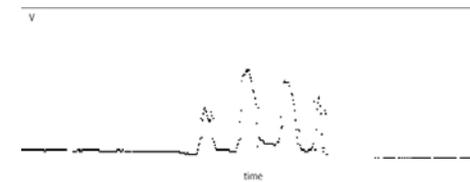


図 5 口
Fig.5 mouth

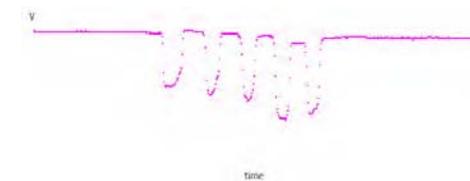


図 6 頬
Fig.6 cheek

3.3 表情検出

これまで顔面各部位の独立した動きが計測できたことを示したが，ユーザが表情を作った時にどのような入力得られるのかを以下に示す．今回の実験では Schlosberg⁹⁾ や Ekman¹⁰⁾ による人間の基本表情の「怒り」「哀しみ」「嫌悪」「幸福」「恐怖」「驚き」そして

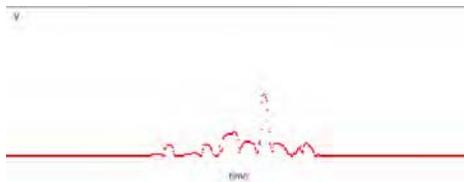


図 7 目
Fig.7 eye

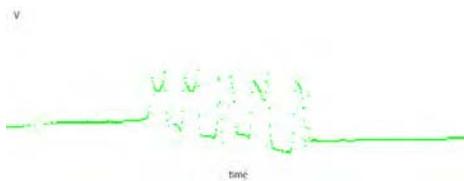


図 8 眉
Fig.8 eyebrow

通常時の表情をつくりセンサがどのように検出するか計測した。グラフの色は黒が口、ピンクが右頬、緑が左頬、青が右目、赤が左目、黄が右眉、黄緑が左眉のそれぞれの動きを表している。

以上から、本研究で開発した入力機構の仕様を表 1 に示す。

表 1 試作した顔面入力装置の仕様

Table 1 Details of the prototype face input device	
筐体寸法	160 × 235 × 90(W × H × D)mm
マスク部分重量	140 g
材質	ABS 樹脂
マイクロコントローラ	Arduino Mega
使用フォトリフレクタ	RPR-220・TPR-105F
PC との通信方式	シリアル, 9600bps

4. 考 察

本稿では顔面入力インタフェースとして、顔面の動きを検出する入力機構について述べた。本研究の機構はマスク型オブジェクトにフォトリフレクタを多点配置し、顔面の各部分



図 9 フォトリフレクタが検出した値を可視化した様子
Fig.9 Figure of Photoreflector detected



図 10 通常
Fig.10 Expression of normal

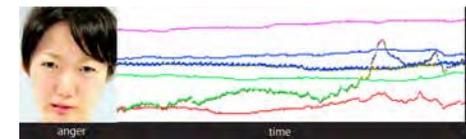


図 11 怒り
Fig.11 Expression of anger

の動きを計測するものである。現在は口、頬、目、眉を計測できるようにマスク状に計 7 個のフォトリフレクタを取り付けている。それぞれの部位では図 5～図 8 に示した様に時間軸上でいつ、どこを動かしたかということがはっきり検出できていることが分かる。この入力機構を利用してセンサー一つに対して一つの出力機構を与え、センサが検出した値の閾値を決める。その閾値を超えた時にインタラクションを起こすように出力を制御すればあらゆるインタフェースとして利用可能である。また、閾値を超えただけでなく一定時間の間に何回センサが動きを検出したかなどタイムラインをもとにした入力機構も考えられる。その他には

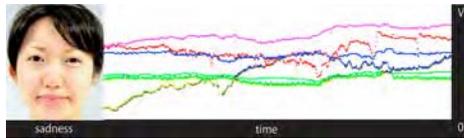


図 12 哀しみ
Fig. 12 Expression of sadness

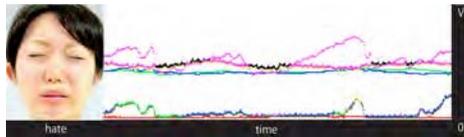


図 13 嫌悪
Fig. 13 Expression of hate

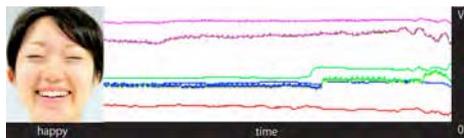


図 14 幸福
Fig. 14 Expression of happy

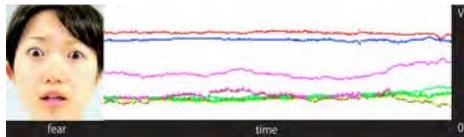


図 15 恐怖
Fig. 15 Expression of fear

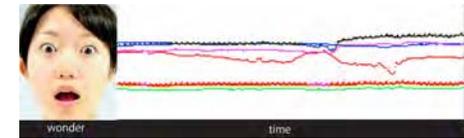


図 16 驚き
Fig. 16 Expression of wonder

顔面各部位から検出した動きの組み合わせによって独自の顔面コマンドを作成しそのコマンド入力といった手法も可能であると考えられる。

マスク内部でユーザが表情を作った時には図 10～図 16 で示したように多点位置したフォトトリフレクタが検出した値を表情に割り当て、そのパラメータを利用してマスク外側の動きにインタラクションを持たせることができる。通常時の表情や「恐怖」の表情時は赤と青の目の部分がグラフの上側に着ていることが分かるが、「嫌悪」の表情の時はそれとは逆に目を検出しているパラメータはグラフ下側にきている。横軸が時間軸なのでユーザに顔を固

定させ続けることは困難であるが、このように表情によって異なるパラメータが取得できることがわかった。

問題点として、現在使用しているマスク状のオブジェクトでは顔全体を覆ってしまうためユーザへの負担や不快感がある。また、例えば頬を膨らましたときにマスクも一緒に動いてしまい、結果として動かしていない部分のセンサも反応してしまう場合がある。そのためフォトトリフレクタを取り付けていない箇所は取り除き、最小の形状にする必要がある。また、瞬きを計測するためのフォトトリフレクタは目の前方から検知するようになっている。しかしこれではマスクの外側を見る事が出来ない。谷口ら¹¹⁾はフォトトリフレクタを顔面の横につけ瞬きを検知し、インタフェースに応用する事に成功している。このように顔面の側面から瞬きを検知する事で、視界を遮る事を押さえることが可能である。また、現在の機構のままでは顔とマスクの形状がユーザによって異なるため、入力として受け取る値に個人差が生まれてしまう。そのため、多様なユーザに柔軟に対応できるようにマスクを装着してからキャリブレーションを行い初期化する事で、初期値との差分から入力値を決定するといった機構が望ましい。

5. まとめ・今後の展望

本稿では顔面入力インタフェースについて入力機構を開発し、現在検出できている部位とその問題点について述べた。本研究で開発している顔面入力装置は検出した顔面の動きを入力とし、その入力を用いた出力機構を制作する事を目的としている。例えば、身体障害者の方や寝たきりの高齢者の方のためのテレビや電子機器等の入力デバイスとして両手が使えない状態で顔面の動きをコントローラのようにして使う事や、マスク内側の顔面の動きを検出しその動きをマスク外側の動きとして出力されるアニメトロニクスのようなエンターテイメントなデバイスへの応用などその用途はさまざまである。現在著者らはこの入力機構を用いてソレノイドを利用したアクチュエータ機構を制御し図 17 のようにユーザがかぶれるようなアニメトロニクスの外側を動かす出力機構を制作している。



図 17 アニマトロニクス予想図
Fig.17 Conceptual Drawing of Animatronics

また今後の展望として、顔面の動きをコマンドのようにして何種類かの顔面の動き組み合わせる事で一つのインタラクションが可能な機構も考えている。この機構が開発できれば特定の部分を動かす事が困難なユーザにも同じインタラクションを異なるコマンドで割り当てる事が可能になる。

参 考 文 献

- 1) Paul Ekman, E.L.: What Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS), pp.413-425 (1987).
- 2) 叶 冠峰, 伊藤 昭, 寺田和憲: 曲線近似による表情部品の実時間パラメータ抽出, pp.425-428 (2004-08-20).
- 3) 小越康宏, 三橋美典, 小越咲子, 中井昭夫, 松浦慎也, 荒木睦大: 黒眼の形状と瞬きの変化からの表情認識, pp.218-227 (2011).
- 4) 吉富康成: 赤外線画像を用いた人間情報解析, pp.535-543 (1988-10-15).
- 5) 青木直史, 棚橋真, 岸本英一, 安田星季, 岩越睦郎: フォトリフレクタ方式によるギター演奏動作のキャプチャリング, pp.535-543 (1988-10-15).
- 6) 光永法明向啓志: 目隠しなしの目隠し: 瞬目時の視覚抑制を利用する瞬目者が知覚できない情報提示に基づくインタラクション, pp.739-742 (2011).
- 7) 村山愛, 道見登林豊彦: 嚙下時における前頸部の皮膚面形状変化を利用した喉頭挙上運動の分析, pp.41-44 (2005-12-02).
- 8) 藤田翔平, 小林恵理子, 林豊彦, 中村康雄, 道見登: 嚙下機能評価システム SFN/2B による喉頭挙上運動の分析, pp.64-65 (2008-10-30).

- 9) H.Schlosberg: The description of facial expression in terms of two dimensions, p. 229 (1952).
- 10) P.Ekman, W.: Unmasking the Face (1975).
- 11) 谷口和弘, 西川敦, 宮崎文夫: こめかみスイッチ: 瞬きパチパチでスイッチカチカチな常時装用入力装置,(オンライン), 入手先(<http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2008/>) (2008).