# 着ぐるみ演者の表情表出を支援する顔面入力インタフェース

吉池 俊貴 た司 りか 西川 忠宏 對月 沙織 助友 文香

王 丹青 菊川 裕也 馬場 哲晃 串山 久美子

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,周,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.

# Face input interface supporting animatronics costume performer's facial expression

Toshiki Yoshiike<sup>†</sup> Rika Shoji<sup>†</sup> Tadahiro Nishikawa<sup>†</sup> Saori Taigetsu<sup>†</sup>

Danqing Wang $^{\dagger}$  Yuya Kikukawa $^{\dagger}$  Tetsuaki Baba $^{\dagger}$  Kushiyama $^{\dagger}$ 

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

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,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

<sup>†</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科 Graduate Schoolof System Design, Tokyo Metropolitan University

状 3D データを元に 3D 造型機により制作した 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[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知した.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 ーレスでユーザの 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・嚥下音の同時計測を行う.食物を飲 み込む運動である嚥下障害者の喉頭運動を測定し,健常者と の比較により嚥下機能評 価システムの検証に用いられる.非 接触で軽量なフォトリフレクタはユーザに身的負担をかけ にくいため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.多点計測する為に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.プロトタイプのシステムでは 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に可視化した.

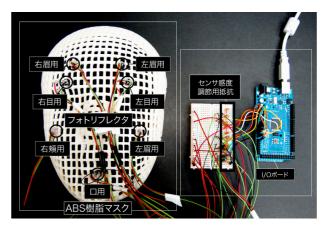


図1 システム構成図

#### 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決定した。

これはユーザが顔を動かす際に動かしやすい箇所であると判断したためで、プロトタイプで合計9箇所に配置し実験を行った(図2).しかし眉間部分(A0)は今回の実験では検出できなかった。また口の上下に配置したフォトリフレクタ (A5.A6)ではほぼ同じ値が取得できた

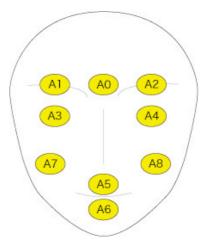


図 2 検出位置

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。首都大学の学生男女計6名のマスクと顔面との距離を計測した(表1)。

丰1	フス	クレ	商面	L	の距離(	単位:mm)
7	~ ^ ′	, ,	KHILL		V / IPP BIFL	984W . HIIII II

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6
Α0	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
А3						
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
Α7						
Α8	5.49	15.47	9.75	9.36	5.12	8.92

これによりフォトリフレクタと顔面との距離が最小5.12mm-最大22.15mmであったため,20mm程度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 表情検出

これまでは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が得られるのかを以下に示す。今回の実験ではSchlosberg[9]やEkman[10]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(図2、3).

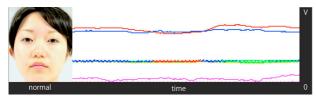


図2 通常時

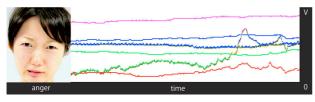


図3 怒り

#### 3.3 猫型デバイスへの応用

計測実験では、9箇所にフォトリフレクタを配置し7箇所で計測することができた.著者らはこの技術を用いて猫の着ぐるみの中のアクターの瞬きと口の動きをセンシングし、検出された動きを猫型の着ぐるみの瞬きと口の開閉に同期させるようなインタフェースを開発した.今回のインタフェースでは左右の目と口の3点にフォトリフレクタを配置した(図4).マスクは装着したときに肌との接する面をできるだけ削除した.また計測実験では瞬きを目に直接あたるように真正面から計測していたが、視認性を向上させる為に横方向からフォトリフレクタをあてセンシングするようにした.これは谷口ら[11]が開発しているこめかみスイッチを参考にしている.



図4 マスク

猫型の着ぐるみデバイスの目と口のアクチュエータは電磁石とコイル、ネオジム磁石から構成される(図5,6).これはソレノイドや磁石は反応が早くサーボモータなどに比べると比較的静音で駆動可能であることが利点である.目部分のアクチュエータは2つの電磁石とコイルから成り、磁石の引力と斥力を利用して間にシャフトに取り付けた磁石を回転させ目の開閉を表現した.



図5目のアクチュエータ

口部分のアクチュエータは口が開いたときに電磁石に電気 を流し磁石の斥力を利用して反発させ、戻すにはバネの張力と電磁石の鉄心を利用している.

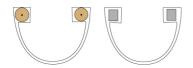


図6 口のアクチュエータ

フォトリフレクタが検知した値を管理用マイクロコントローラであるArduinoで目と口が閉じているか開いているかを判断するように制御した。この制御にはマスクを装着したユーザの顔をはじめにキャリブレーションし、そこからの変化率を測定し、制御するようにしている。

また今回開発したデバイスでは入力インタフェースと出力インタフェースを無線化した。これはユーザがまずマスクを装着し、キャリブレーションを行ってから猫型の着ぐるみデバイスをかぶるようにすることを想定したためで、有線で入出力のインタフェースをつなげた状態ではセンサや回路基板からのびた線が絡まってしまい動きづらくなってしまうためである。今回開発したシステム構成図を図7に示す。

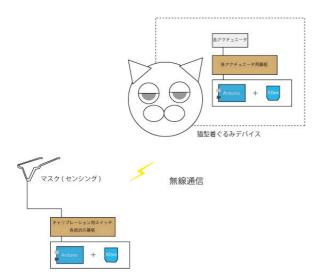


図7 システム構成図

猫型着ぐるみデバイスをユーザが装着した状態の図を図8に示す。

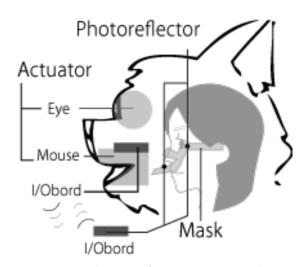


図8 猫型着ぐるみデバイスシステム構成図

# 4. アプリケーション例

また、今回開発した猫型の着ぐるみデバイスに加え、口の開閉によってディスプレイに表示された餌が減っていくビデオゲームを制作した。このアプリケーションは無線で通信している情報を受信用のパソコンで受け取り、口の開閉を検知して映像上の猫の餌が減っていくと同時に租借している音が再生される。この時使用している通信は3章で述べた技術と同様のものを使用した。受信用のXBeeとPCを用いて制作した。このアプリケーションの開発にはopenFrameworksを利用している。図9にアプリケーションの開始画面を示す。



図9 アプリケーション例

# 5. 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2、3で示したように時間軸

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や変化率を決める.その閾値や変化率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.本稿ではマスクの3箇所に対し、出力も3箇所駆動するようにした.

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2,3で示したように多点位置したフォトリフレクタが検知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.通常時の表情と「恐怖」の表情の時では異なるセンシングができていることがわかる.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ためこのようなインタラクションも可能である.

問題点として、現在使用しているマスクでは全てのユーザに対応できていない。 キャリブレーションをして変化率は 測定できるがフォトリフレクタ自体が目に当たらなかった りした場合にはセンシングがうまく出来ず結果的にアクチュエータがうまく動かないことがしばしばみられた。 したがってマスクの形状や素材を再検討することと、 センサを 動くようにしユーザの顔の形状にあわすことが出来るような機構を開発しなければならない。

#### 6. 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マトロニクスの様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8のようにユーザ

がかぶれるようなアニマトロニクスの外側を動かす出力機構を制作している.

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.さらに、計測できた部分のセンサの値から今回開発した瞬きや口の開閉だけではない表情をセンシングすることを目指している.表情を出力させる機構としてソレノイドアクチュエータのみでは困難なため他のアクチュエータと組み合わせて着ぐるみの表情を作り出す必要がある.



図10 制作した猫型着ぐるみデバイス

# 参考文献

- 1) PaulEkman, E.L.: What Face Reveaks: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:嚥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:嚥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.Eksman, 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.interactionipsj.org/archives/paper2008/) (2008)