

# 深度センサを用いた舌運動検出機構の開発

木村 堯<sup>\*1</sup> 野嶋 琢也<sup>\*1</sup>

Tongue gesture system using depth sensor.

Takashi Kimura<sup>\*1</sup> and Takuya Nojima<sup>\*1</sup>

**Abstract** — 従来より、人間の舌運動を利用した入力システムが多数研究されてきた。しかしその多くの研究はデバイスを口腔内外に装着しなければならないといった問題があった。そこで本研究では、舌運動の中でも舐めるという動作に着目し、深度センサを用いた、非装着型の舌運動検出機構の開発を目指す。本稿では舌先の位置情報を非接触で検出する手法について述べる。

**Keywords** : entertainment system, tongue interface, depth recognition

## 1. はじめに

食事は空腹を満たすばかりでなく、人に対して複合的な楽しみを与えてくれる、エンタテインメント性に富んだ行為でもある。人は食べ物の見た目や香り、歯ごたえや舌触り、そして味わうことによって食事を楽しんでおり、この点に着目したシステムも多数開発されてきた[1][2]

食事において舌は、食べ物の感触や味そのものを感知する、またその運動で咀嚼物を口腔内で移動させるなど、主として口腔内で重要な役割を担っている。そのため従来のシステムにおいて、舌を口の外に出した状態での利用を想定したものはほとんど開発されてこなかった。舌を口腔外に出すという行為は、マナーとしては望ましいものではないが、特定の条件下、例えばアイスクリーム等を舐める、という状況においては、舌は口腔外に露出し、積極的な運動が行われることが知られている。本研究ではこの「舐める」という行動に着目し、口腔外における舌先運動を利用した非装着型のインタラクティブ・エンタテインメントシステムの開発を目標とする。本発表ではその基礎として、舌先が口腔外に露出した状態での、舌先運動の非装着型計測手法を提案する。

## 2. 関連研究

本章では、食事に関連する感覚提示装置、及び舌運動計測に関する関連研究について紹介する。

食事に関連する感覚提示装置としては、味の

構成法に着目したものが多く開発されてきた。例えば Narumi らは、AR マーカならびに匂い提示技術を組み合わせた、Meta Cookie を開発している[1]。Meta Cookie では AR マーカを利用してプレーンクッキーの位置・姿勢を測定し、そこに例えばレモン味など、別の味のクッキー映像を重ねる。さらに実際に食する際に、映像に合わせた匂いを提示することによって、プレーンクッキーの風味を変化させ、食べる人が受け取る味の認識を変化させるシステムである。また、中村らは液体を飲用するさいに、同時に電氣的な刺激を付与することによって食物の味を変化させるシステムを開発している[2]。これらのシステムを利用することによって、特定の飲食物の味を変化させることは可能となるが、舌を口腔外に出した状態での利用は想定されておらず、舌運動に対応したインタラクティブ性は持ち合わせていない。

一方、舌の運動計測という観点においては、主として福祉分野において、古くから研究が行われてきた。例えば新川らは上肢障害者を対象とした、舌運動による押下式スイッチと下顎運動による変位入力を組み合わせた入力デバイスを開発している[3]。このデバイスでは下顎の上下運動で画面上ポインタを x 軸方向に移動させ、舌によるスイッチ操作で決定する。同様の動作を画面上 y 軸について、左右の下顎運動及び舌によるスイッチ操作で実施するものとなっている。開発したシステムにより、日本語入力が可能となっているが、口腔内にはデバイスを固定するためのマウスピースや舌で押下させるスイッチ、口腔外には下顎運動を検出するデバイスなど、多数の装置を装着する必要がある。また Lotte らは電磁気を利用した口腔内でのポインティングデバイ

<sup>\*1</sup>: 電気通信大学大学院情報システム学研究科,

tkimura@vogue.is.ucc.ac.jp, tnojima@computer.org

<sup>\*1</sup>: Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

スの開発をしている[4]。このデバイスのユーザは、コイル式センサが18個搭載されたマウスピースを口腔内上顎部に装着し、さらにステンレス製のアクティベーションユニットを舌先に装着する。舌先のユニットをセンサに近づけることで磁気的変化を認識し入力を行う。このデバイスを利用することで70字/分での文字入力が可能となる反面、前述の研究と同様に口腔内へのデバイスの装着が必須となる。このような口腔内外へのデバイスの装着は、舌運動の計測精度向上には寄与すると考えられるものの、デバイス自体の衛生面が問題となると考えられる。加えて装着の手間もかかることから、舌運動は福祉利用といった限られた状況でしか利用されていないのが現状である。

そこで本研究では、口腔外での舌先運動、すなわち「舐める」という行為に着目した、舌運動検出機構の開発を目指す。このシステムの特徴は以下の3点である。

- 非接触かつ非装着の入力システムである
- 舌先の口腔外における上下・左右運動の検出
- 頭の移動を伴う舌先の運動検出

本システムの構築にあたり、我々はRGB画像並びに距離情報を利用した。次章ではシステムの具体的な構成について述べる。

### 3. システム概要

本研究では口腔外における舌先運動の検出に着目し、非装着で口腔外舌先運動検出が可能な機構の開発を行った。本システムでは、舌が口腔外に出される際に口唇領域の凹凸が変化することを利用して、顔の深度情報を用いて舌先の位置の検出を行っている。

#### 3.1 システム構成

図1に試作したシステムの構成を示す。本システムはKinect(Microsoft社[5])およびノート型パソコン(DELL社, Vostro 3500, Windows 7 Professional, Intel® Core i5 CPU 2.53GHz, 4GB RAM), 液晶ディスプレイ(LGエレクトロニクス社, W2042TQ, 20インチワイド, 解像度1680×1050)より構成されている。開発はVisual Studio 2010 (C++)にて行い、OpenCV2.3, OpenNI1.1及びSDL1.2を利用した。本システムではKinectをユーザの顔の正面に正対するように設置し、ユーザの顔周辺のRGB画像と距離情報を同時に取得する。ユーザとKinectとの間の距離はおおよそ70cmとなっている。これはKinect

の深度取得可能範囲及び画像処理による顔の検出能力を考慮して決定した。得られた画像および深度情報の処理方法の概略について図2に示す。

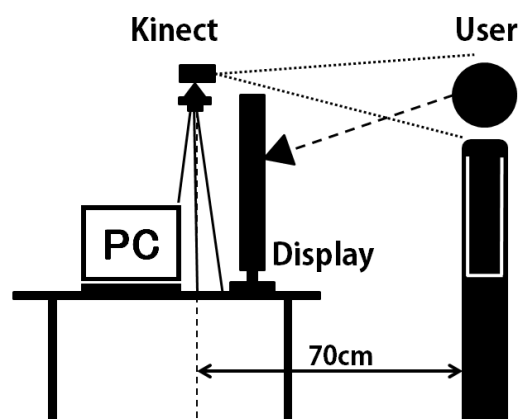


図1 システム概要図

Fig. 1 System Overview

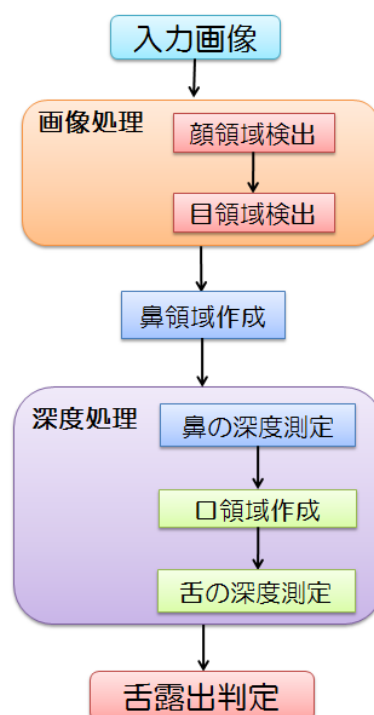


図2 処理の流れ

Fig. 2 program flowchart

#### 3.2 舌運動検出処理

本システムでは、顔の物理的構造の特徴を利用して、口腔外に露出した舌先の位置を測定する

機構を開発した。具体的には

- 鼻は両目間中央，両目を結ぶ線分の下方に位置する
- 鼻は顔の中でもっとも隆起している
- 口の位置は鼻の頂点より下方に位置するの3つの物理的構造の特徴を利用している。

図2にあるように，背景への誤認識などの精度低下を防ぐため，KinectのRGB画像を利用して顔検出を行っている。ついで，得られた顔領域内で両目の検出を行った。なお，顔及び両目の検出にはOpenCV標準のカスケード構造の分類器を利用している。

続いて，得られた両目領域の座標を元に鼻領域を作成する。図3に示すように，両目領域の中心から下に向かって幅(両目領域の高さ)×高さ(両目領域の幅の1/2)を鼻領域とした。続いて深度センサを利用して，この鼻領域内の全pixelの深度を測定し，深度値が最も小さい点(最も突出している点)の座標を鼻の頂点とした。

この後，鼻の頂点座標を基準としてその下方に口唇領域を作成する。今回は簡単のため，鼻の頂点から20pixel下に設置した70×60pixelの矩形領域を口唇領域とした。そして既に得られた深度情報について，この口唇領域内で改めて比較を行い，深度値が最も小さい点(最も突出している点)の座標を，口唇領域の代表点とした。なお，Kinectから得られるRGBカメラおよび深度センサの解像度は共に640×480pixelである。

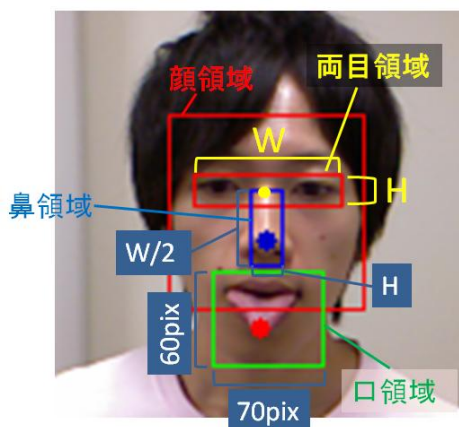


図3 鼻・口唇領域の作成

Fig. 3 creation of nose and lip areas

### 3.3 舌露出判定

舌尖運動の検出に先立ち，まず舌尖が口腔外に出ているかどうかを判定する必要がある。本システムでは図4に示すように，顔を横から見た

時自身の舌が鼻よりも前面に突出している時「舌が出ている」状態とし，そうでない場合を舌が出ていない，すなわち「口を閉じている」状態とみなすこととした。そこで3.2節にて得られた，鼻の頂点の深度値および口唇領域の代表点の深度値を比較し，口唇領域の代表点の深度値の方が小さい場合に，「舌が出ている」とみなすものとした。

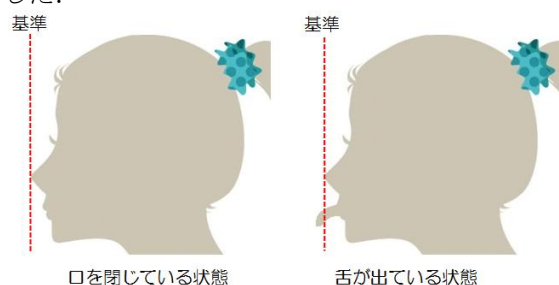


図4 舌露出判定条件

Fig. 4 determination of licking

## 4. 実験

### 4.1 実験概要

本章では，口腔外における舌尖運動の計測能力について行った評価実験について報告する。まず口腔外での基本的な舌尖運動であると考えられる，直線(縦・横)の運動計測を行った(図5)。実験では画面上に目標となる図形を表示し，同時に画面上に，舌尖の位置を示すポインタを表示する。ポインタは舌尖運動に応じて縦横に動作するようになっており，被験者は舌を動かすことで画面上のポインタを動かす，表示された図形を指定の回数だけなぞるといった実験を行った。この時画面上に表示される図形は，図6に示すような4種類の大きさの正方形マーカ(以下ターゲット)12個から構成されている。ターゲットはポインタが通過することによって消去される仕様となっており，所定の図形形状に配置されたターゲットを，ポインタを走査することで全て消去することで，なぞり動作が完了したものとした。また，同様の実験を，円および三角形の図形に対しても実施した。図7にターゲットサイズを変更したときの図形の例を示す。ターゲット上にポインタが重なると舌の露出判定を行い，舌が出ている状態のみターゲットが消去される。なお，実験で使用するアプリケーション画面の解像度は640×480pixelで，ポインタのサイズは25×25pixelである。

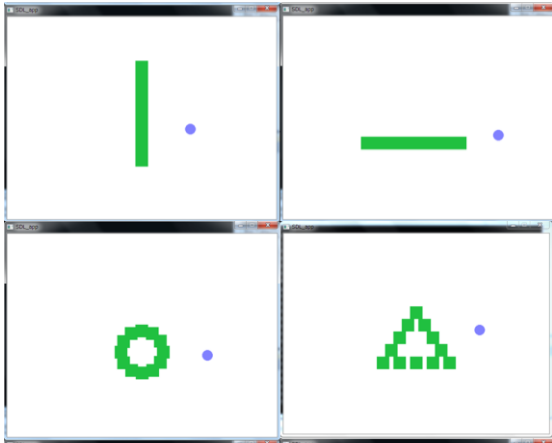


図 5 実験に用いる図形

Fig. 5 figure of experiment

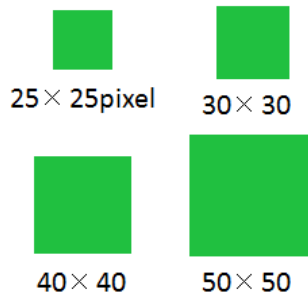


図 6 図形を構成するターゲット

Fig. 6 Targets, constitute a figure

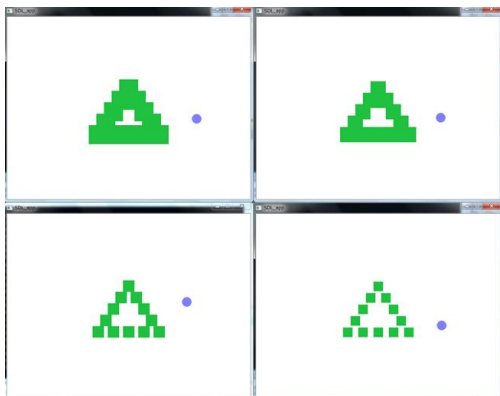


図 7 ターゲットの大きさの違いによる図形

Fig. 7 difference of target's size

#### 4.2 実験手順

実験の流れは以下の通りである。

1. 舌による入力手法の説明を兼ねて、ランダム

に移動するターゲットのポインティングトレーニングを行う。ユーザは図 8 に示す、ランダムに移動する星形のターゲットをポイントし、ターゲットは次の座標にジャンプする。ターゲットの移動は画面の中心から縦(±50)×横(±50pixel)の範囲で移動し、被験者は計 8 回のポインティングを行う。

2. 実際に測定で用いる図形を用いてトレーニングを行う。図 5 に代表される計 16 パターンの図形が画面上にランダムに表示され、被験者は図形の枠線を舌でなぞり、枠線を全て消した時点でタスク完了となる。このトレーニングを計 20 回行う。
3. 2 で行った試行について、図形が現れてから消し終わるまでの所要時間と舌尖の座標の軌跡を記録しながら行う。試行回数は 60 回とし、被験者にはできるだけ頭を固定した状態で舌の動きのみで入力してもらう。前半 30 回と後半 30 回との間には 30 秒の休憩を設定している。

上記の各フェーズの間には 30 秒の休憩を挟む。

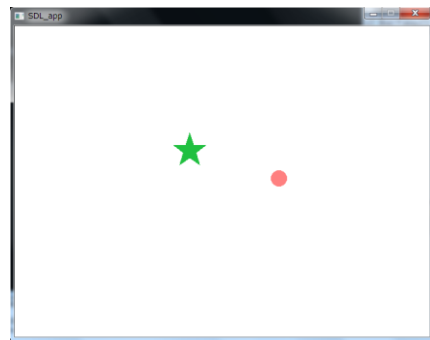


図 8 トレーニング画面

Fig. 8 training mode

#### 4.3 実験結果

被験者は 2 人の 20 代前半の男性で行った。図 9 に各図形でのタスク完了時間の平均値を示す。この結果からすべての図形において、図形の枠線のピクセル数が小さい程完了時間が増大していることがわかる。また円や三角形など、直線に比べて複雑な舌運動を必要とする図形は、全体的に直線よりも時間を要していることがわかる。

次に各図形における舌運動の軌跡の結果を図 10～図 11 に示す。各図は代表的な軌跡を抜粋したもので、軸は実験画面のピクセル数と一致し

ている。各図中の実線は実際の軌跡、破線は目標となる図形の枠線である。

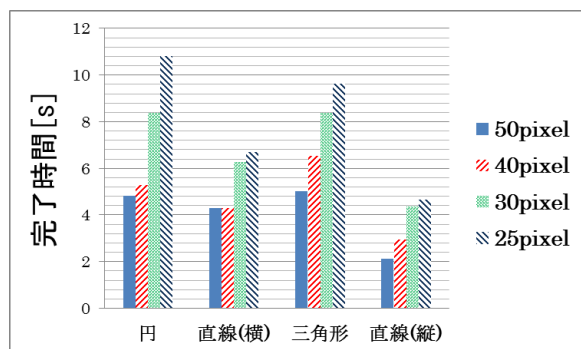


図 9 タスク完了時間

Fig. 9 completion time of task

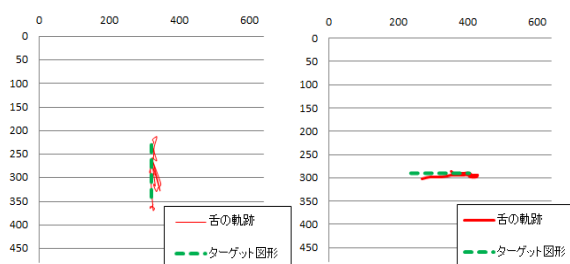


図 10 直線の軌跡(代表値)

(左: 縦, 右: 横)

Fig. 10 straight line track(typical result)

(Left: Vertical, Right: Horizontal)

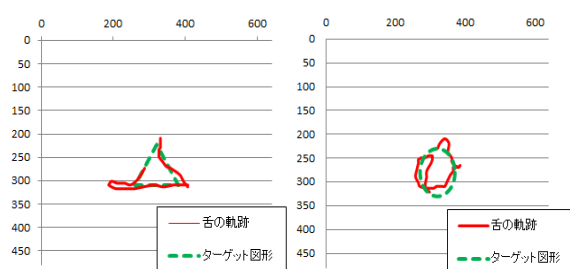


図 11 幾何形状の軌跡(代表値)

(左:三角形, 右:円)

Fig. 11 triangle and circle track(typical result)

(Left: triangle, Right: circle)

## 5. 考察

実験の結果, 円や三角形といったやや複雑な形状の動きは困難であるものの, 縦や横の直線のス

トロークは比較的容易に入力可能であることが判明した。ただし円や三角形といった形状においても, 試行回数を重ねるほどに入力が上達している傾向が見て取れた。よって学習を重ねることで, 例えば舌先で絵を描かせるなどといった利用方法も期待される。また, 今回の開発したシステムでは顔の傾きを考慮しておらず, 顔が傾くことによって, 舌先の検出に失敗する現象が見られた。実験では顔を動かさないように指示したが, 今後は顔の傾きに対応可能なアルゴリズムの開発が必要であると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では舐めるという動作に着目し, 非接触での口腔外の舌先運動を検出するシステムの開発を行った。具体的には深度画像および RGB 画像より舌先の位置及び, 舌の露出を認識する手法を提案し, 舌の運動によってディスプレイ上の図形をなぞることが可能であることを示した。今後は顔の傾きへの考慮など, 口腔外での舌先の運動計測能力の向上を目指す。

## 参考文献

- [1] Takuji Narumi, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose, "Meta cookie", Proceeding of ACM SIGGRAPH 2010 Posters, 2010.
- [2] 中村裕美, 宮下芳明, "飲食物+電気味覚", 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), pp.204-206, 2010.
- [3] 新川拓也, 河内了輔, "下顎運動と舌運動を併用したヒューマンインターフェース", 生体医工学, vol. 44, no.1, pp.94-100, 2006 .
- [4] Lotte N. S. Andreasen Struijk, Eugen Romulus Lontis, Bo Bentsen, Henrik Vie Christensen, Hector A. Caltenco and Morten Enemark Lund, "Fully Integrated Wireless Inductive Tongue Computer Interface for Disabled People", proceedings of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC), pp.547-550, 2009.
- [5] Kinect, Xbox.com, <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect> (最終アクセス: 2011/08/14)