

# みみスイッチ：外耳の動きを入力情報とする常時装用型入力装置

谷口 和弘<sup>♪</sup> 西川 敦<sup>♪♪</sup> 小林 英津子<sup>♪</sup> 宮崎 文夫<sup>♪♪</sup> 佐久間 一郎<sup>♪</sup>

コンピュータネットワーク化と少子高齢化が進む現代社会において、文化の差異や障がいの有無に関係なく誰でも使用でき、常時装用してハンズフリーでいつでもどこでも使用でき、ユーザの見守り支援ができるウェアラブルコンピュータが必要である。本稿では、外耳（耳と耳の中）の動きを光学式距離センサで計測し、その計測結果をもとにウェアラブルコンピュータに情報を提供する常時装用型コマンド入力装置（愛称：みみスイッチ、Me-Me switch）について述べる。

## Me-Me Switch : A Wearable Input Device using Movement of Ears

KAZUHIRO TANIGUCHI<sup>♪</sup> ATSUSHI NISHIKAWA<sup>♪♪</sup> ETSUKO KOBAYASHI<sup>♪</sup>

FUMIO MIYAZAKI<sup>♪♪</sup> ICHIRO SAKUMA<sup>♪</sup>

The Me-Me switch generates signals to control a machine by processing the values that the optical distance sensor captures, using a single-chip microcomputer, from the movements of the user's ears. The user can use the machine (wearable computers, music players, etc.) for extended periods of time with no interference on their other tasks, essentially making the machine hands-free. The Me-Me switch is compact and lightweight and is easily manufactured at a low cost.

### 1. はじめに

世界的なコンピュータネットワーク化が進み、特に先進国では情報をいつでもどこでも送受信可能な高度情報化社会の形成へと向かっている。また先進国では、少子高齢化が急速に進んでいる。高度情報化社会と少子高齢化社会において、生活の質(Quality of Life)の向上のため、常時ネットワークにアクセスでき、加齢等により衰えた能力を補うことができるウェアラブルコンピュータへの期待が高まっている。

本稿では、高度情報化社会や少子高齢化社会に好適なウェアラブルコンピュータ用コマンド入力装置の開発を目指し研究を進めている「外耳の動きを入力情報とする常時装用型コマンド入力装置、愛称：みみスイッチ (Me-Me switch)」について述べる。この愛称の“みみ”には、「耳」という意味のほか、「みんなが使える」、「見守る」という意味もこめられている。さらに英語表記の「Me-Me（読み方は、“ミミ”）」には、一人称を想起させる言葉を選出することで、「一人称（自分）」の領域・能力を拡張する技術であるとの意味をこめた。

### 2. コンセプト

みみスイッチのコンセプトは以下の通りである。

- 1) 誰でも・いつでも・どこでも・いつまでも使える。言い換えると、文化の違いや障がいの有無に関係なく使用でき、ハンズフリーかつ意識を集中しなくても使用できる。すなわち他の作業をしていても使用でき、常時装用して使用でき、日常生活で使用でき、丈夫である。
- 2) コンピュータから人へ発信される情報に対し、人の有力な情報収集器官は目と耳である。特に聴覚による情報収集は他の作業と並行して行いやすい。また人が意識を失う時、感覚の中で最後まで失われずに残るのは聴覚であり、逆に意識が戻る際には聴覚が先に戻る<sup>1)</sup>。これら聴覚の特徴をふまえ、ウェアラブルコンピュータが常時装用することから、人の情報収集器官のうち耳に注目する。
- 3) 入力する情報は、人が意図的・無意識的に動かした外耳の形状変化とする。但し、体温や骨伝導音、そして筋電位などの外耳から得られる他の情報の併用も考慮に入れて設計する。
- 4) 外耳の動きは、光学式距離センサ（半導体）を用いて計測する。これは、耳に力学的な力を大

♪ 東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻

The University of Tokyo

♪♪ 大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻

Osaka University

きく与えない方法であるため、長時間の装着が可能となる。また、半導体を用いているため寿命が長く、小型・軽量である。

- 5) 一般的な部品を用いて、さらに小型・軽量でシンプルな構造にすることにより、安価でかつ見た目の美しいシステムとする。

### 3. みみスイッチ

みみスイッチのブロック図を図1に示す。みみスイッチは、外耳の動きを光学式距離センサ (adma tec 社製 SG-105<sup>2)</sup>) で計測し、その計測値をシングルチップマイクロコンピュータ (MicrochipTechnology 製 PIC12F683<sup>3)</sup>) で処理することで、外耳の動きから表情を推定し、コンピュータシステムやネットワークに情報を提供する。使用している部品は、小型・軽量であり、すべて一般的なものであるため安価である。小型・軽量な部品を使用し、かつシンプルな構成であるため、見た目のよい装置をデザインすることができる。

みみスイッチの概要図を図2に、試作機の外観を図3に、試作機の装着図を図4に示す。みみスイッチはユーザの外耳道に挿入されているため外耳道の形状変化に伴いみみスイッチ自身の位置・姿勢が変化する。みみスイッチに組み込まれた光学式距離センサは、みみスイッチと鼓膜間との距離の変化を計測している。鼓膜は頭蓋骨に覆われており、外耳道の形状変化に比べて大きく変形しないため、鼓膜と光学式距離センサとの相対距離の変化により外耳道の形状変化を測定することができる。図5から図9は、みみスイッチを用いて目や舌の動きを測定したときの光学式距離センサの出力である。図5から図9は、縦軸の幅を 0.2V、横軸の幅を 2.5sec にそろえた。測定周波数は 1000Hz である。

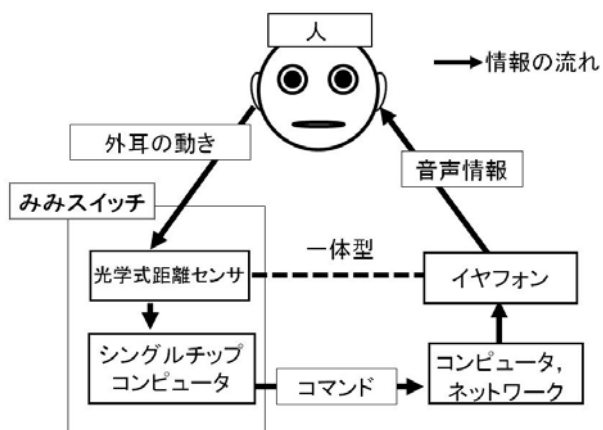


図1 みみスイッチのブロック図

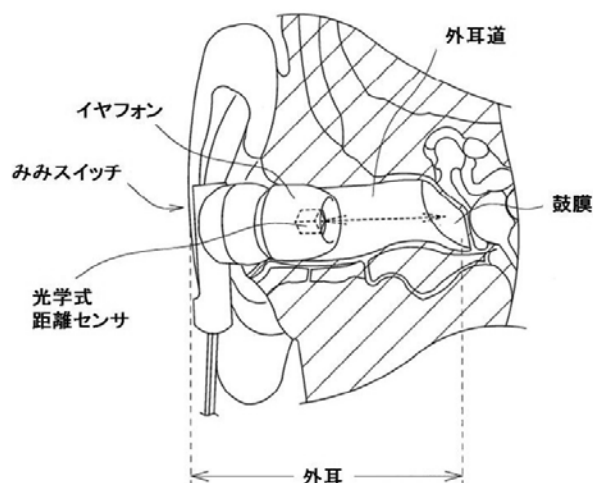


図2 みみスイッチの概要図

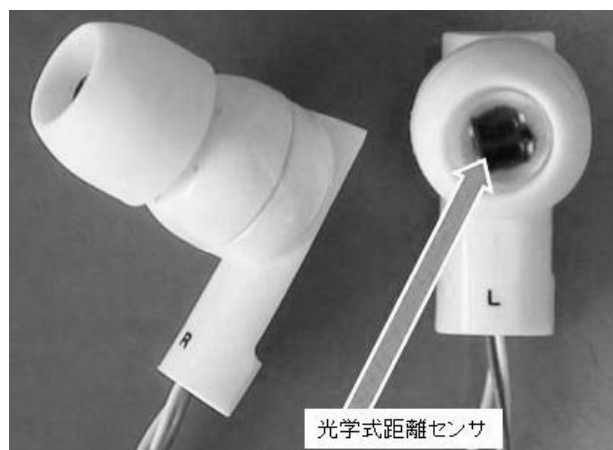


図3 みみスイッチの試作機



図4 みみスイッチの装着図

図5は1秒程度目を見開いたときの右外耳の動きであり、凸型をしている。このとき左外耳も同様の動きをする。但し、目を見開く動作は、凹型の波形になる人もいる。また、波形の変化量には個人差がある。表情が豊かな人は比較的大きく変化する。図6は1秒程度、意識的に両目を強く閉じたときの右外耳の測定値である。多くの人が目を閉じると凹型の波形となる。両目を閉じると、両耳とも凹型の波形が観測され、片目を閉じた場合、閉じた側の耳のみ凹型の波形が観測される。閉じていない側の波形は変化しない。このことからどちらの目を閉じたのか判別できる。図7は舌を左に動かしたときの右外耳の動きであり凹型の波形となる。図8は舌を左に動かしたときの左外耳の動きであり凸型の波形となる。図7と図8から分かるとおり、凹と凸の関係から、舌の動かした方向が判定できる。図9は眼球を右に動かし、すぐに真正面に戻したときの右外耳の動きであり凸型の波形となっている。このとき左外耳の波形は変化しなかった。眼球運動に関しても、左右で動かした方向が判定できる。舌の動きと目の動き（瞬き・眼球運動）の特徴の大きな違いは、舌を動かすと左右の外耳が変化することに対し、目の動きは、動かした目・動かした向きにある外耳のみが変化することである。図5から図9は、代表的なデータであるが、個人差があるので、みみスイッチを機器操作に使用する場合、目を強く閉じる動作など個人差の少ない動作を用いるほうがよい。また、非日常的な動作を用いることで日常生活での誤動作を防止することができる。

以上で述べた表情による波形の変化を表1にまとめる。

表1 表情による外耳の動き

凸：凸型波形，凹：凹型波形，—：電圧の変化なし

表情	外耳の動きの測定値	
	右外耳	左外耳
目を見開いた	凸	凸
両目の瞬きをした	凹	凹
右目のウインクをした	凹	—
左目のウインクをした	—	凹
舌を右に動かした	凸	凹
舌を左に動かした	凹	凸
眼球を右に動かした	凸	—
眼球を左に動かした	—	凸

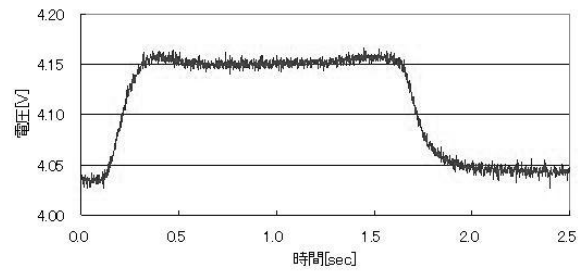


図5 目を見開いたときの右外耳の動き

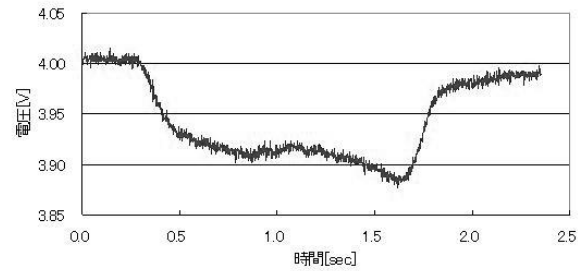


図6 目を閉じたときの右外耳の動き

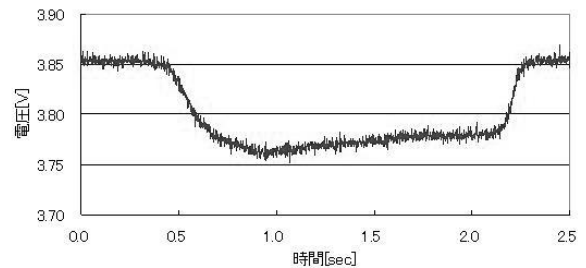


図7 舌を左に動かしたときの右外耳の動き

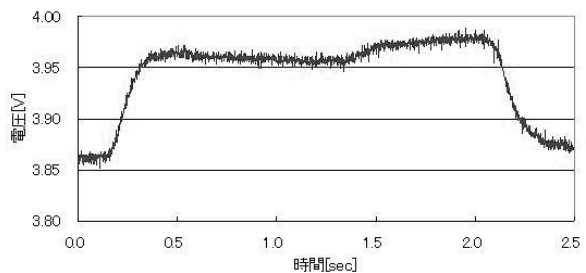


図8 舌を左に動かしたときの左外耳の動き

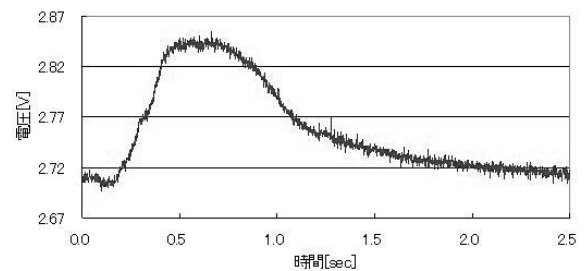


図9 眼球を右に動かし、すぐ前を見たときとときの右外耳の動き

#### 4. アプリケーション

みみスイッチをポータブル型音楽プレーヤの操作用インタフェースに応用した。みみスイッチを耳に装着し2秒間程度の強い両目の瞬きをすると再生/停止、右目の2秒間程度の強い瞬きで曲送り、左目の2秒間程度の強い瞬きで曲戻しを行うことができる。

このみみスイッチを用いれば、仲の良い二人で一緒に協力して音楽プレーヤを操作することもできる。図10では、男性の左耳にみみスイッチの左耳用センサ、女性の右耳にみみスイッチの右耳用センサを装着し二人で音楽プレーヤを操作しながら音楽を聴いている。みみスイッチを介したコミュニケーション（インタラクシオン）で二人の愛が深まるかもしれない？



図10 愛・Pod?

#### 5. おわりに

常時装着型入力装置の研究は「ヘッドフォンを用いた常時装着視線インタフェース」<sup>5)</sup>や「指にゃ」<sup>6)</sup>などの有用な研究成果が報告されており、我々も以前こめかみ付近の皮膚の動きを機器操作に利用する常時装着型コマンド入力装置「こめかみスイッチ」<sup>7)</sup>を報告した。本稿で述べた「みみスイッチ」は、こめかみスイッチに比べ多種の表情の認識を狙ったものである。

みみスイッチは、ユーザが機器操作を目的として意識的に行う非日常的な表情に反応して機器制御を行うことができる。また見守り機能として機器操作を意図しない無意識の表情（外耳の動き）を機器に送ることが可能である。みみスイッチは、ユニバーサルデザインを意識した設計が施されているうえ、常時装着可能でハンズフリーで使用でき、小型・軽量・安価なハードウェアで実現できる。スピーカ、マイク、温度センサなどを内部に組み込むことが可能であり、幅広い分

野への応用が可能である。みみスイッチは、見た目を美しくでき、使って楽しい、そして気が利く装置となりうる。

今後は、多くの被験者のデータを集め装置の一般性を高めていきたい。また、アフォーダンス<sup>4)</sup>を適切にデザインに組み込むことで使いやすさの向上も図っていきたい。さらに、みみスイッチを高度情報化社会と少子高齢化社会に好適な電子機器へと応用していきたい。例えば、みみスイッチを補聴器に内蔵することで、補聴器として老化などにより衰えた聴覚をサポートするほか、表情を意図的に変化させ、非日常的な表情をすることでテレビなどの機器をハンズフリーで操作する。また、携帯電話などのネットワーク端末にこれを接続しておき、ユーザの咀嚼(そしゃく)動作やくしゃみなどの動作を常時計測・分析することで、食事の時間とその間隔を通してユーザの生活のリズムが乱れていないか、くしゃみから風邪などの病気にかかっているかなどを判断する。その結果を、電子メールで自動的に遠隔地で暮らしている家族や医療機関に送ることで、一人暮らしの人々の生活を見守り支援するシステムが構築できる。また、熱伝対などの温度センサを追加することで体温の常時計測も可能となり、遠隔診断に応用できる。

**謝辞** 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金若手研究(B) 研究代表者：谷口和弘(課題番号：20700110)の補助を受けて行った。ここに感謝したい。

#### 参考文献

- 1) Tom Stafford, Mattwebb 著, 夏目大 訳: Minde Hacks 一実験で知る脳と心のシステムー, オライリー・ジャパン, pp.171-172 (2005).
- 2) Optical sensors, SG-105 : <http://www.admatec.de/datasheets/IROpto/SG105.pdf> [accessed Nov. 1st, 2009]
- 3) Single-chip-computer, PIC12F683 : <http://www.microchip.com/>[accessed Nov.1st, 2009]
- 4) Donald A. Norman 著, 野島久雄 訳: 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論—, 新曜社刊 (1990).
- 5) 真鍋宏幸、福本雅朗: ヘッドフォンを用いた常時装着視線インタフェース, インタラクシオン 2006 論文集, pp.23-24 (2006).
- 6) 野田早織, 他: 指にゃ: 指の輪を検出する指輪, インタラクシオン 2009 論文集, pp.135-136 (2009).
- 7) 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着型入力装置, インタラクシオン 2008 論文集, pp.25-26 (2008).