

(2) 手足のタップでウェアラブル機器を操作：どこでもタップ

「どこでもタップ」は、人体の任意の部位に装着した機器を、手足のタップ動作によってコントロールする入力機構である。足先や指先でのタップ動作によって生じる人体の帯電量や静電容量の変化を、機器に設置したセンサで検出する。本機構は、リズムを用いた装着機器の操作のほか、日常生活での活動度把握などにも利用可能である。

ふくもと まさあき
福本 雅朗

1. まえがき

通常、機器の操作はボタンやダイヤルなど、機器上に設置されたインタフェースデバイスに直接触れて行われる。したがって、機器は操作主体である手が届く場所に設置する必要があるが、常に最適な場所に機器を設置できるとは限らない。特に身体に装着して使用するウェアラブル機器の場合、日常生活に邪魔にならず、かつ操作に適した装着部位はそう多くはない。機器に直接触れずに操作するには、発話音声をマイクで捉える音声認識や、打鍵で生じた振動をセンサで捉える手法[1]があるが、いずれも距離に伴って信号が減衰するため、機器（センサ）と操作主体（口や手）との距離を大きく離すことが難しい。小型カメラを用いて眼や口を認識する手法[2]はマイクや振動センサに比べて外部ノイズの影響を受けにくく距離を確保しやすいが、見通し状態が必要であり、機器の装着部位には制限があった。

ところで、人間の身体は良い導電性をもつことが知られており、いわば1本の電線のように用いることが

できる。これは、人間の身体のある場所が生じた電気的な変化が、あまり減衰することなく、身体の別の場所に到達することを意味し、機器（センサ）を操作主体（手足など）から離れた場所に設置（装着）することが可能になる。

人間の身体の導電性を利用した研究には、「人体通信」[3]がある。ここでは、人体は信号の伝送路としてのみ用いられている。また、足の接地状況やジャンプ動作を手を持ったゲームコントローラで検出する手法[4]もある。しかし、いずれの場合も満足な感度を得るためには、センサ（機器）はACアダプタや通信ケーブルなどを通じて大地アースと接続されている必要があり、ウェアラブル機器のように非接地状態での動作は困難であった。

本稿では、ウェアラブル機器のための新しい入力方式である「どこでもタップ」について解説する。人体の良導性を利用することで、任意の部位に装着した機器を、手足のタップ動作によってコントロールできる。以下に本機構の構造および想定される応用例について述べる。

2. どこでもタップ

2.1 足によるタップ動作の検出

踵をつけたまま足先を床から上下させるタップ動作を行うと、靴下・靴および床が擦れ合って静電気が発生する。これにより人体の電位や帯電量がパルス状に変化するため、チャージアンプ*1などの電荷量センサで測定できる（他にも、人体の帯電量センサ[5]や、非接触検電計のセンサも使用できる）。この場合、人体は1つの導体と考えられるので、測定は人体のあらゆる部位で行うことができる。したがって、機器（センサ）の設置位置にかかわらず、足先によるタップ動作の検出が行える（図1①）。なお、人体と検出電極は直接接触している必要はなく、薄い絶縁体や衣服を通した状態でも検出可能である。センサの感度を高めるとともに、人体と測定回路の基準電位を一致させることで、非接地状態でも安定した測定が可能になった。

2.2 手によるタップ動作の検出

指先は足と異なり衣服などで覆われずに露出しているため、指先で周

*1 チャージアンプ：電荷・電圧変換回路。圧電型加速度センサの信号検出などに使用される。

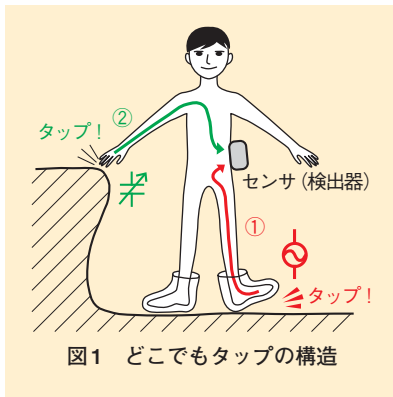


図1 どこでもタップの構造

囲の物体（柱や壁など）をタップしても静電気は発生しない。しかし、タップしている間は人体と周囲物体が接触している状態になるため、人体をコンデンサとしてみた場合、人体の静電容量に周囲物体の静電容量が加わることになる。静電容量の変化量検出はタッチスイッチやタッチパッドで用いられており、同様のセンサで測定できる。足先の場合と同様に、測定は人体のあらゆる部位で可能である（図1②）。タッチスイッチのセンサには、パッシブ方式（誘導ノイズ^{*2}の変化量を測定）と、アクティブ方式（印加信号の減衰量を測定）がある。いずれの方式でも検出は可能だが、パッシブ方式では前述の足タッピングとセンサ部分の回路を共用できる。一方、アクティブ方式は、周囲状況（交流電源の有無や電界強度など）の変化に強い。どちらの方式も、薄い絶縁体や衣服を通した状態でも使用できる。

足先および指先によるタップ動作時のセンサの出力波形と、手足の分離結果を図2に示す。ここでは、チャージアンブ式帯電量センサ（パッシブ式タッチセンサと共用）を使用

し、額部分に2mm厚のプラスチック板を介して接触させている。まず、床に踵をつけたまま足先で3回タップ動作を行い、次いで手の指で机を3回叩いた。なお、足には靴下および靴を履いており、手は何もつけていない。グラフ最上段（センサ出力）では、足によるタップ動作と、手によるタップ動作では出力波形が異なっている。したがって、簡単なフィルタ回路を用いるだけで、両者の弁別が可能である。ただし、厳密には、足のタップによる誘導量の変化や、手のタップによる静電気の放電があるため、クロストーク^{*3}が存在する。グラフ中段に足のタップ・下段に手のタップの検出結果を示す。

3. 応用例

どこでもタップを使えば、身体に装着した機器を、足や手のタップ動作によってコントロール可能になる。従来の「リモコン」とは異なる

り、手足に送信機を設置する必要はない。タップ動作を用いてコマンドを表現する手段としては、リズムを用いるもの[1]が利用できる。4～5回行うタップのリズムによって10～30数種類のコマンドを表現でき、単一の機器に対する多種の操作のほか、身体中に装着した複数機器の個別コントロールが可能である。

3.1 音楽プレーヤの操作

例えば、頭に装着したヘッドホン型音楽プレーヤや、耳掛け型Bluetooth[®]*4ヘッドセットを、足先で行うタップのリズムでコントロール可能である。センサはヘッドホンやヘッドセットのパッド部に設置されており、人体と接触しているので、遠く離れた足先で生じた帯電の変化であっても検出できる。手が荷物でふさがっている場合でもハンズフリーでの操作が可能になる。

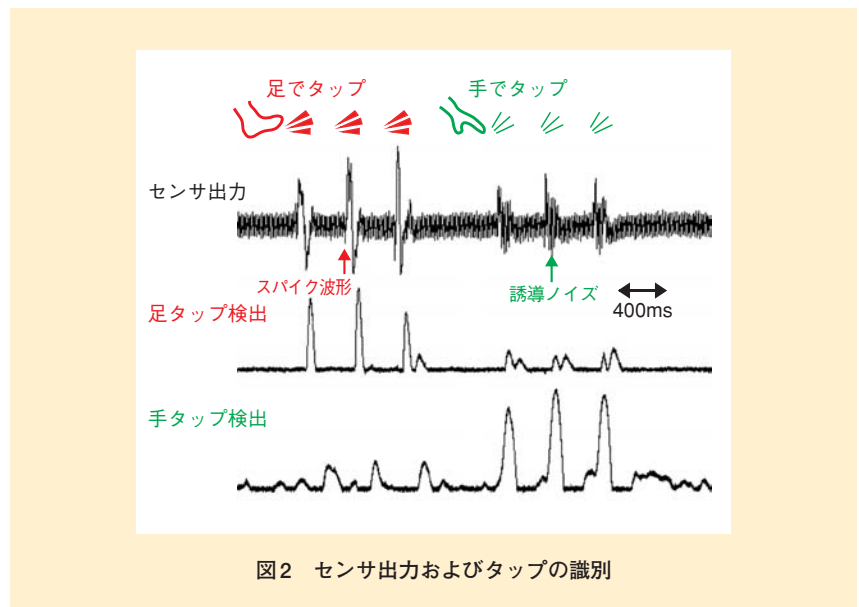


図2 センサ出力およびタップの識別

*2 誘導ノイズ：周囲の電磁界の変化によって物体（ここでは人体）に誘起されるノイズのこと。

*3 クロストーク：ある信号の、他の信号に対する「漏れ」成分のこと。

*4 Bluetooth[®]：移動端末、ノートパソコン、PDAなどの携帯端末向け短距離無線通信規格。米国Bluetooth SIG Inc.の登録商標。

3.2 活動量センサ

本検出機構は、タップ動作による機器コントロールのほかにも、活動量センサとしての応用も可能である。加速度センサを用いた従来の万歩計や活動量センサは、設置場所によって出力が大きく異なるという問題があった。これに対し、本機構は装着場所によらず、手足による各種動作を検出できる。

各種動作を行った場合の腰部センサ（下着およびシャツの上から装着）の出力を図3に示す。上段が帯電量センサ、下段がタッチセンサの出力である。動作は歩行、着席、書類整理、キーボード打鍵、マウス操作の順で各4秒ずつ行った。グラフによれば、どちらのセンサを用いても、歩行や着席などの大きな動作だけでなく、上半身だけが動いている書類整理動作や、腕だけが動くマウス操作が検出できている（実際には、マウスを持つために手を動かした時に、手と机との接触状態が変わったことを検出している）。なお、手首から先だけが動くキーボード打鍵の場合には、帯電量センサを用いた検出は困難である。タッチセンサではわずかに反応がみられ、センサ感度を向上すれば検出できる可能性がある。

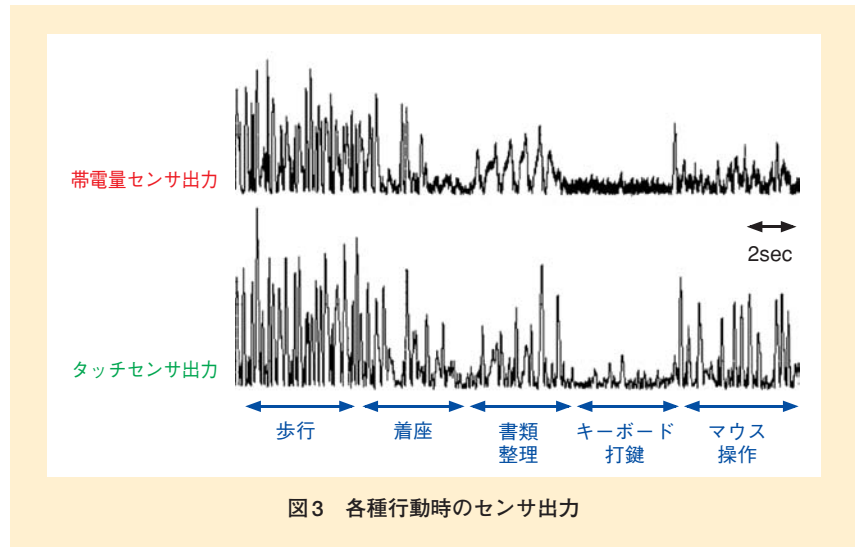


図3 各種行動時のセンサ出力

4. あとがき

「どこでもタップ」を用いると、身体に装着した機器を、直接触れることなく操作できる。また、センサの連続的な出力を認識すれば、行動把握や異常検出などにも適用できる。ウェアラブルな用途以外でも、静電気を発生させやすい素材の組合せ（ウールとアクリルなど）を導電体の機械などの表面に貼り付ける、遠隔無電源振動センサなども考えられるだろう。

文献

- [1] 福本 雅朗, 外村 佳伸: “指釦: 手首装着型コマンド入力機構,” 情報処理論文誌, Vol.40, No.2, pp.389-398, Feb. 1999.
- [2] A. Vardy, J. Robinson and Li-Te Cheng: “The WristCam as input device,” ISWC99 Digest of Papers, pp.199-202, Oct. 1999.
- [3] T. G. Zimmerman: “Personal Area Networks : Near-field intrabody communication,” IBM systems journal, vol. 35, Nos 3-4, pp. 609-617, Sep. 1996.
- [4] J. Rekimoto and W. Hua: “Sensing GamePad: Electrostatic Potential Sensing for Enhancing Entertainment Oriented Interactions,” ACM CHI2004 Extended Abstracts, Apr. 2004.
- [5] 滝口 清昭: “自然歩行データ取得システム,” 情報処理振興協会 (IPA) 平成13年度未踏ソフトウェア創造事業成果報告論文, 2002.