

# 筋電分布計測によるハプティックインタフェース ー第2報ー

東京大学 ○牧野 泰才, 篠田 裕之

## Myoelectric Pattern Measurement System as Haptic Interface (2nd Report)

○Yasutoshi MAKINO and Hiroyuki SHINODA, The University of Tokyo

**Abstract:** Last year, we proposed a new haptic interface based on a myoelectric signal measurement on a forearm. In our previous work, we adopted “Two Dimensional Communication (TDC)” technology as a substitution for annoying wires. Based on this technology, we can realize a dense sensor array on the forearm for electromyography without any constraints of the arm movement. In this paper, we show how to send data to a host machine and how to receive an electrical power from a source node through the TDC sheet. We adopt a time division multiplexing (TDM) method. There are two stages in our TDM method. One is for power supply to each sensor unit and the other is for data transmission. Each sensor detects the falling edge of the power supply signal, then each sensor sends data sequentially with PWM. We show an electrical circuit for realizing TDM with low power consumption. We also demonstrate experimental results of our prototype.

### 1. はじめに

これまでに我々は、筋電計測を利用した新しいマン・マシンインタフェースを提案してきた[1]。筋電とは筋収縮に伴って生じる電気パルスであり、経皮的に観測することができる。筋電信号は、実際の動作よりも早く計測されるため、動作の予測が可能になる。特に手指の動作は、前腕部分の筋肉の収縮により実現されるため、前腕部に筋電計測センサを2次元的に配置すれば、手指の拘束無く、その動作を推定することが可能になる。したがって、手指の動作によりコマンドを入力する、新しいマン・マシンインタフェースとしての応用が可能になる。筋電信号の強度は、筋肉の活動度に対応することも知られている。すなわち、物体を把持しているような場合に、その把持力などを推定することも可能になると考えられる。このような特長により、触力覚情報を取得するセンサとしての利用も期待される。

精密な動作推定の実現には、多点での計測が望ましい。しかし、前腕部にセンサを多数配置した場合には、それに伴って配線も増加し、手腕の動作が拘束されてしまう。センサ配置の厳密な位置合わせも要求されるため、日常的な使用には適さない。先行研究においては、そのような複雑な装置の装着が許容されるようなシーンでの利用など、用途が限られていた。本研究では、快適な着脱を可能とする、日常的に利用可能なシステムの実現を目指す。

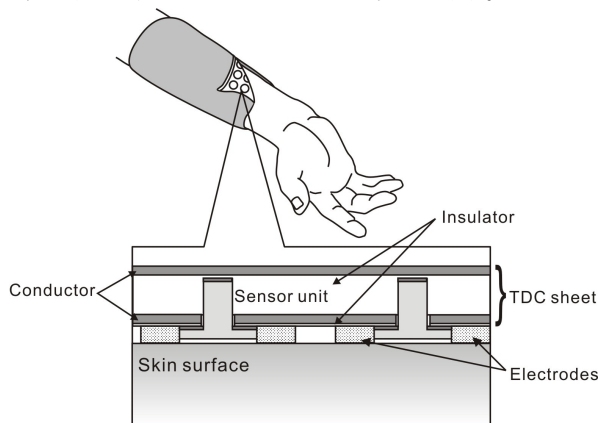


図1 前腕部の筋電分布を計測する提案システム[1]

図1に、我々が提案してきたリストバンド型の筋電計測システムの模式図を示す。配線の代わりに“2次元通信シート”を用いることで、快適な着脱が可能なシステムを実現する。ここで、“2次元通信”とは、2次元的な面内にマイクロ波を伝搬させ、その面内に配置されたセンサ素子に個別配線することなく、通信・給電を実現する技術である[2]。

これまでに我々は、2次元通信シートによる筋電計測センサアレイの実現法を示してきた[3]。提案手法では、2次元通信シートを用いることでセンサ素子をフロート状態で駆動できるため、共通モードノイズの影響を受けにくいことを示した。これは、筋電信号のような微弱な電位変化を計測する際には、大きなメリットとなる。

本稿では、通信と給電とを単一の周波数帯で同じシートを用いて実現する手法を示す。この実現には、時分割多重化法を利用する。はじめに一定時間給電用の信号を印加し、それにより動作電力を得た各センサユニットが、給電信号の立ち下がりを検出して順次データを伝送する。低消費電力で駆動可能な回路構成を示し、試作機を用いた基礎的な実験結果を示す。

### 2. 多チャンネルでの給電・信号伝送

本稿では時分割多重化方式を用いて、給電と多チャンネル信号伝送を実現する手法を示す。2次元通信はOSI参照モデルの物理層に対応する。したがって、一般的な符号化プロトコルを利用することも当然可能である。実際我々は、IEEE802.11bやBluetoothのプロトコルを用い、2次元通信シート内での通信を実現している。本稿で時分割多重化を採用するのは、1) 実現が容易である。2) 通信品質の低下が少ない。3) 低消費電力で実現される。といったような利点による。将来的には、本手法に適した符号化法や通信プロトコルを搭載したLSIによる実現が望ましく、今後の課題の1つである。

本稿で採用する時分割多重化方式は、2つのステップからなる。1つは給電の段階であり、もう1つは通信の段階である。本手法の時間波形を図2に模式的に示す。一番上が給電用の信号波形である。この給電信号の立ち下がりを検出し、各センサが順次PWM信号を発信する。

図3に、この動作を実現するために今回用いた回路構成を示す。回路を構成するのは、受動素子、論理回路、アナログスイッチであるため、消費電力を低くすることができる。図4は、図3の回路の動作を示すため、a-eの各点での電圧変化を示した図である(これ以降  $V(i=a\sim e)$ として各点の電圧を表す)。電力信号(power)が立ち下がると、 $V_a$ も同様に低下する。このときの時定数は、抵抗  $R_1$  とコンデンサ  $C_1$  によって決定される。したがって、 $V_b$  は電力信号の立ち下りよりも  $t_1$  秒遅れて立ち上がる。この  $V_b$  により、アナログスイッチ  $S$  の状態を変化させる。 $V_b$  が Low のときには c 点は筋電計測回路に接続されている。一方、 $V_b$  が High になった場合、c 点は抵抗  $R_2$  を介して回路のコモン電位に接続される。コンデンサ  $C_2$  には、スイッチが切り替わる直前まで筋電位に対応した電荷が蓄えられているため、 $V_c$  が Low になる時間  $t_2$  は筋電位と時定数  $R_2 C_2$  に依存し、以下のように与えられる。

$$t_2 = R_2 C_2 (\log V_{\text{init}} - \log V_{\text{th}}) \quad (1)$$

ここで  $V_{\text{init}}$  は、スイッチが切り替わった瞬間の c 点の電圧を表し、 $V_{\text{th}}$  は、c 点の電圧が Low レベルと判断される論理回路の閾値電圧を表す。つまり、この回路では筋電位の対数に比例した PWM 信号が得られる。センサごとにパルス開始のタイミング  $t_1$  を変えておくことで、混信の心配なく通信が実現される。

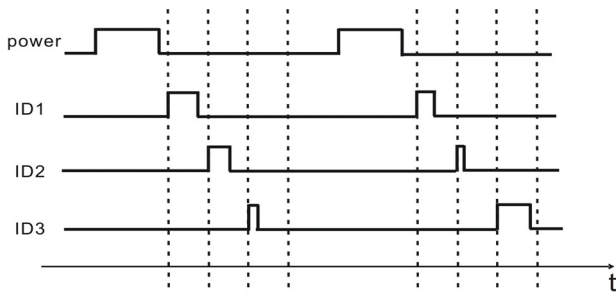


図2 提案手法の時間波形

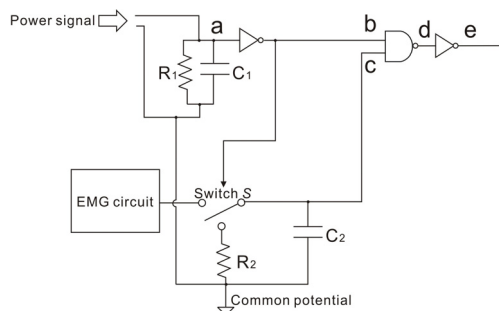


図3 時分割多重化法を実現する回路構成

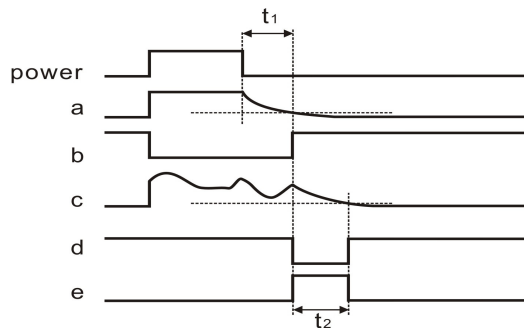


図4 提案回路(図3)における、各点での電圧変化

### 3. 多チャンネルでの給電・信号伝送

図5は単一のセンサユニットをシート内部に配置したときに、シート端部で観測された包絡波形である。ここで、 $R_2 = 5.1 \text{ k}\Omega$ ,  $C_2 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$  で実現した。グラフ中 5ms から 18ms にかけて電力用の信号が印加されている。電力信号の立ち下りから 1ms 後に、PWM 波形が観測されることを確認した。また、このパルス幅が(1)式の傾向を示すことも確かめた。 $t_2$  は筋電位に対して単調に増加するため、本手法を用いれば一意に復調可能となる。本システムを用いた、筋電信号の送信、及び多チャンネル化は今後の課題である。

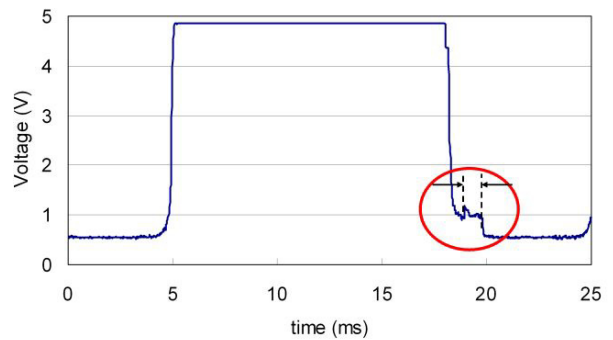


図5 単一センサユニットを用いた際にシート端部で観測された包絡波形。電力信号の立ち下り後 1ms でパルスが観測された

### 4. まとめ

これまでに我々は、前腕部を覆うリストバンド型の筋電計測システムを提案してきた。2次元通信技術を用いることで、手腕の拘束が少ない状態で、多点での筋電計測が可能になり、直感的な入力が可能とするマン・マシンインタフェースの実現が見込まれる。

本稿では、時分割多重化法を採用し、通信シートに配置されたセンサ素子への給電と、それらセンサからの信号の伝送との同時実現を目指した。各センサが給電用信号の立ち下りを検出し、センサごとに異なる待ち時間の後に信号を PWM で送信する。低消費電力で実現される回路構成を示し、試作機によりその動作を確認した。

### 謝辞

本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費 (18-11193) の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] Y. Makino, A. Okada, and H. Shinoda : "Measuring Myoelectric Potential Patterns Based on Two-Dimensional Signal Transmission Technology," Proc. SICE Annual Conference 2006, pp.2005-2009 (2006)
- [2] Y. Makino, K. Minamizawa and H. Shinoda, "Two Dimensional Communication Technology for Networked Sensing System," Proc. International Workshop on Networked Sensing Systems (INSS) 2005, pp. 168-173, 2005.
- [3] Y. Makino, H. Chigusa and H. Shinoda, "Two-Dimensional Sensor Integration Using Resonant Proximity Connector - Basic Technology and Application to Elastic Interface Device -," International Workshop on Networked Sensing Systems (INSS) 2006, pp. 196-202, 2006.