

生物を対象とした電気刺激の生成アルゴリズムに関する研究

古澤 洋将 *1

Efforts towards Research of Arbitrary Waveform Generator for Electric Fish-Cluster Control

Yosuke Furusawa*1

Abstract - Focusing on bio-electro signals, we effort towards research of Arbitrary Waveform Generator for electric Fish-Cluster Control. We developed matrix input or output by frequency modulator gain based on Frequency Modulation Synthesis (FM-Synthesis).

Keywords: FM-Synthesis, fish-cluster control

1. まえがき

近年、半導体デバイスの高機能化、低消費電力化、及び低価格化が進み、急速にユビキタス・コンピューティングの環境が整いつつある [1][2]。2010 年代に登場した Arduino[3] や、RaspberryPi[4] といった汎用 CPU ボードは、非組込エンジニアにとってプロトタイピングのしやすさから、組込デバイスの開発者を増やす、という点において大いに役立った [5]。加えて、すべてのデバイスをインターネットに接続するという Internet of Things (IoT) の概念 [6] も生まれ、最初はモノだけに埋め込まれてきたデバイスも、近年では家畜やペット、人などの生体にも適用しようという動きすらある。さらに、福祉・医療機器の分野においては、人へ電極を貼り付けてモニタリングすること（心電図等）が日常的に行われるようになってきた。このような、コンピュータや電気システムを生体へ活用する動きはますます盛んになっている。

ところで、電気を用いて人へ刺激を与える方法に注目すると、古くから治療的電気刺激（TES：Therapeutic Electrical Stimulation）や機能的電気刺激（FES：Functional Electrical Stimulation）が知られている [7]。近年、急速に普及した自動体外式除細動器（AED：Automated External Defibrillator）[8] も、TESやFESの知見を元に開発された医療機器である。人以外に目を向ければ、家畜向けの電気柵 [9]、及び食肉獣や大型魚類（マグロ等）に用いられている電気屠殺器 [10] などが広く用いられている。いずれの方法も、電気刺激を生成する制御装置と生体へ電気刺激を伝えるための電極から構成され、それぞれの目的に応じた電気刺激（電圧・周波数・デューティ比等）を生体へ与えている。

医療機器に習えば、生体と電極の接続は大きく単極誘導法（Unipolar Lead）、及び双極誘導法（Bipolar Lead）が知られている。単極誘導法は、2つの電極を生体の体表面に取り付け、2つの電極間で発生する生体電気信号を計測、または電気刺激を

与える方法である。双極誘導法は、主に生体電気信号の計測のみで用いられ、1つの電極を基準電極（GND）とし、残り2つの導出電極間に発生する電位を計測（差動増幅）する方法である。心電図の場合は、さらに複数の電極を取り付け、複数の対象を同時に計測している。医療機器以外においても基本構造は変わらず、主に単極誘導法の原理に従って、電気柵や電気屠殺器が用いられている。

これまでに筆者は、水中生物（生体）の体外から電気刺激を与えて、生体に機械的刺激の感覚を感じさせること（電気触覚）を利用し、生体群制御の研究を行ってきた [11]。この電気触覚（電気刺激）は、水中に設置した複数の電極から与えられ、電圧・電流・周波数・デューティ比などを制御して行われる（図 1）。しかし、生体の電気触覚の感じ方は、その種の特徴（ウロコの有無・貝類・甲殻類など）や大きさの違い（稚魚・成魚など）、水質（淡水・汽水・海水など）などの影響を受け、それぞれに最適なパラメータが異なる可能性が高いこと分かっている [12][13]。

そこで本稿では、電気触覚を対象とした電気刺激の基本信号を任意に生成するアルゴリズム（任意波形発生器）の研究を紹介する。

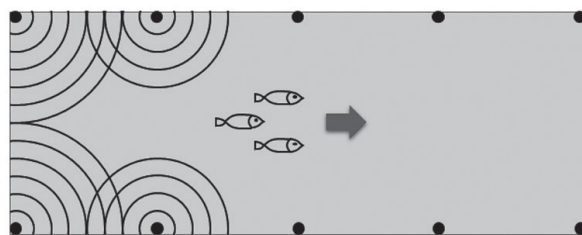


図 1 誘導の例（水槽の上面図）

*1: 炎重工株式会社 研究開発部

*1: R&D Dept, Homura Heavy Industries Corporation.