

デスクトップ型放電加工機の開発と放電状態評価の新たなアプローチ

長谷川 達郎

名古屋大学全学技術センター装置開発技術支援室

1. はじめに

一般的にワイヤ放電加工では早く良い製品を作ろうと作業者はワイヤと加工物との間で発生するスパーク音『バチバチ音』からその音が「良い状態」か「悪い状態」を聞き分け放電エネルギーを微調整している。放電加工は加工部が大きな閃光を放しながら液中で行われるので直接見ることができないためトラブルが発生した場合、断線しているかもしくは停止しているときようやく作業者はその異変に気付く。この問題を解決する方法として前報(2020)では「スパーク音は放電状態の良否を判断する重要な指標である」^[1]としており、特定の周波数帯の音圧レベルに注目することが有効であるとした。本研究では、より詳細な加工条件パラメータを自由に設定できる自作放電加工機を開発し、音圧レベルとコンデンサ放電回路の構成部品との関係を明らかにする。さらに作業者が加工中の放電状態を評価することで効率的な作業をしようとする試みである。

2. 自作デスクトップ型放電加工機の開発

近年のワイヤ放電加工機はユーザーが簡単に操作できるように加工条件のデータベースが用意されているが、その中身はブラックボックス化している。そこで基礎的実験を行うために図1に示す放電加工の基本的な構造をしているコンデンサ放電回路を用いたデスクトップ型放電加工機を自作した。

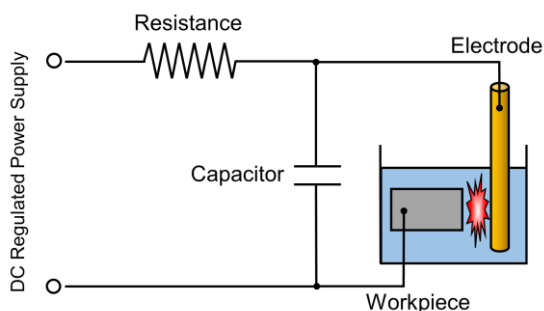


図1 コンデンサ放電回路

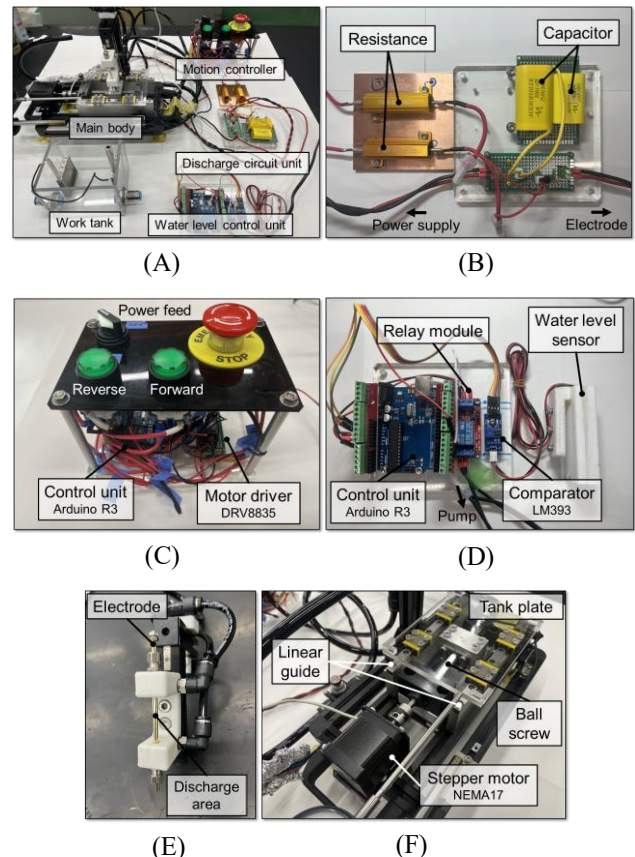


図2 自作デスクトップ型放電加工機の詳細

図2(A)にあるように本体・放電回路ユニット・動作制御ユニットの3つに分けられ、その詳細を示す。(B)は放電を発生させるコンデンサ放電回路ユニットで図左より安定化電源で電圧・電流を制御する。また抵抗とコンデンサは実験条件により交換できるようにコネクタ接続している。(C)は加工動作ユニットで放電加工の特徴である加工物に接近・後退を繰り返す動作を制御している。(D)はスパーク中の加工部から加工くずを除去するため、電極上下から脱イオン水を噴流している。また加工槽の水面レベル一定に保つための水ポンプを制御するユニットである。(E)は加工部で真鍮製電極が刺さるコの字の間で加工がおこなわれる。(F)は単軸の加工動作をする直動動作制御ユニットである。ボールねじは連結さ

れたステッピングモータによって制御され、その上に加工槽が設置される。これらのユニットは脱イオン水で絶縁されているが、万が一のため樹脂部品で接合しており、感電事故が起きないように工夫している。

3. 実験装置・方法

図3に示すように加工槽台上に板厚1mmのステンレス製のテストピースを設置して直径3.0mmの真鍮製電極で端面をカットした。このときのスパーク音を加工槽の上部に設置したマイクロホンにより集音した。集音したスパーク音はオーディオインターフェイスを通しPCで収録した。しかし、収録した音源には図4に示すようにポンプ動作音・水流音・環境音などの様々なノイズが混じっている。そこでスパークしていないときの音源から差し引く

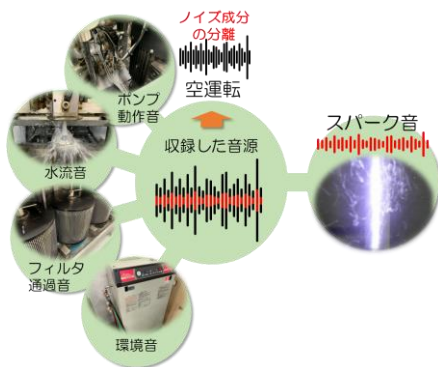


図4 ノイズの種類と分離方法

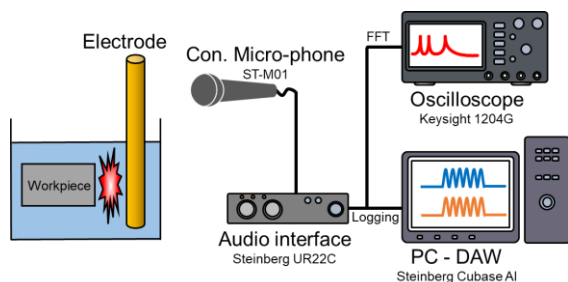


図3 スパーク音の収録装置

ことでスパーク音のみを分離した。この音を周波数解析（以下、FFTとする）した結果の一例を図5に示す。実験条件は電圧40V、電流0.6A、コンデンサ容量7.1μF、抵抗値10Ωである。グラフからわかるように3000~5100Hzと6600~20000Hzの可聴域限界までの増加した2つの周波数域を平均して音圧レベルとした。実験条件は電圧・電流・コンデンサ・抵抗の4つの因子に4水準系直交表をカスタムした計画を用いて全25通りの組み合わせで実験を実施した。

表1 4水準系直交表をカスタムした計画

Parameters	Levels
Voltage V	40, 50, 60 V
Current A	0.6, 0.8, 1.0 A
Capacitor C	7.1, 20, 25 μF
Resistance R	10, 60, 160, 220 Ω

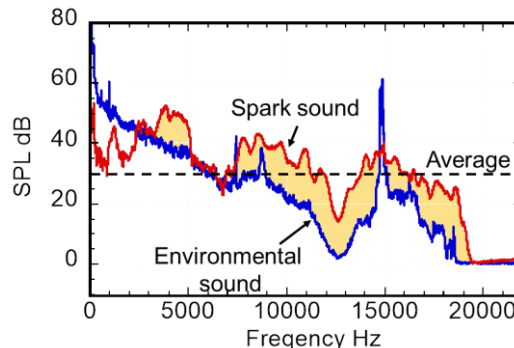


図5 スパーク音の平均音圧レベル

4. 実験結果・考察

4水準系直交表をカスタムした計画を用いた組み合わせで実験を実施した結果、平均した音圧レベルを応答出力に対して各因子がどのように影響しているか調べた。表2は最小二乗法によるモデルのあてはめを検定した結果である。Prob > F値の※は偶然の結果やエラーによる誤差である帰無仮説を否定している。つまり応答値である音圧レベルに影響する因子を表して、電圧が最も影響し、次に抵抗である。帰無仮説に肯定された因子は電流とコンデンサは影響されないという結果となった。図6に示すコンデンサ放電回路の各構成部品の水準がスパーク音の音圧レベルへ与える影響を表したグラフである。前出の検定結果からもわかるように音圧レベルとの関係は電圧が正の相関があり、反対に抵抗は負の相関がある。電流・コンデンサは音圧レベルに与える影響は少ない。つまり、音圧レベルを大きくするには電圧は大きく、抵抗は小さくした方が良いことがわかる。今回実験した水準内では電圧60V、電流0.6A、コンデンサ容量20μF、抵抗値10Ω

表2 最小二乗法による因子の検定

Source	N parm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Voltage V	1	1	562.4181	45.1219	<.0001**
Current A	1	1	7.22891	0.58	0.4552
Capacitor C	1	1	2.61641	0.2099	0.6518
Resistance R	1	1	182.2577	14.6222	0.0011*

を設定したとき音圧レベルが最大となる。また、式 1 に最小二乗法によるあてはめから得られた音圧レベルの予測式を示す。

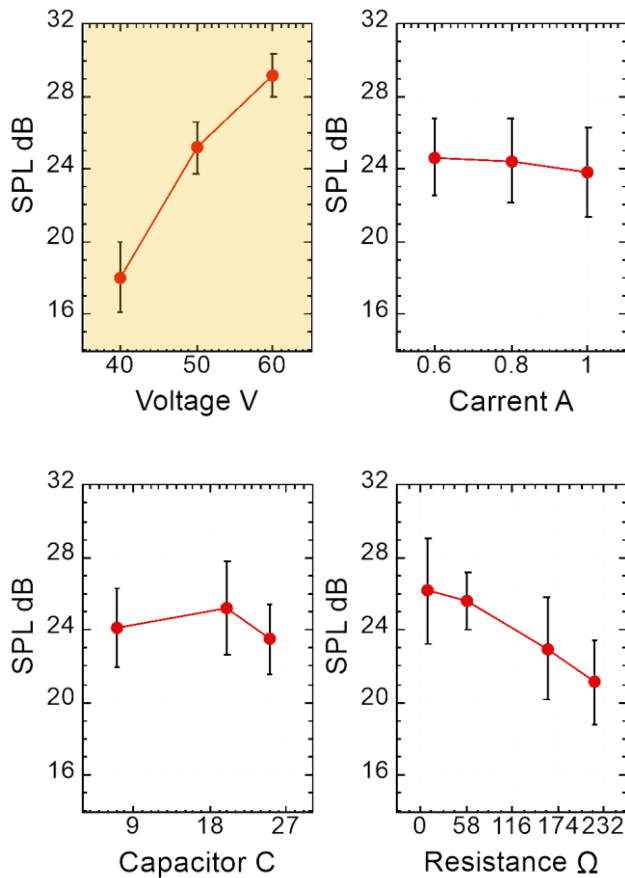


図 6 放電回路部品因子と音圧レベルの関係

$$\begin{aligned}
 SPL\ db = & 25.0 + \left(5.87 \frac{V - 50}{10}\right) + \left(-0.65 \frac{A - 0.8}{0.2}\right) \\
 & + \left(1.35 \frac{C - 37.9}{30.8}\right) + \left(-3.41 \frac{R - 115}{105}\right) \\
 & \dots (1)
 \end{aligned}$$

4. 実験結果・考察

本研究では、基礎的実験を行うためコンデンサ放電回路を用いたデスクトップ型放電加工機を自作し、個々の因子がスパーク音の音圧レベルに与える影響を明らかにした。得られた成果を下記にまとめる。

(1) スパーク音を FFT 解析した結果、3000~5100 Hz と 6600~20000 Hz の可聴域限界までの 2 つの周波数域で音圧レベルが増加する。

(2) 電圧は正の相関があり、抵抗は負の相関がある。電流・コンデンサは音圧レベルに与える影響は少ない。

(3) 音圧レベルを評価することで作業者の経験に依存せず放電エネルギーの状況を判断することが可能である。

参考文献

[1] 長谷川達郎, スパーク音の周波数特性を用いたワイヤ放電加工のモニタリング, KEK Proceedings (Web), 2020 年 03 月, 2019-13, P6-8

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23H05181 の助成を受けたものです。