

## NC ワイヤカット放電加工に関する考察

—ワークセッティングについて—

技術第2部開発技術課 吉田三郎, 三輪政司

### まえがき

ワイヤカット放電加工(WCEDM)による加工技術は、特殊加工分野ではあるが、現在では広はんに普及が浸透し、金型加工にとって不可欠の設備として重要な役割りを果たしている。低成長時代が定着したといわれる昨今の経済情勢下においても、この種の加工機の新増設需要度は高く、導入実績は伸びている。すなわち、加工機種の増大、性能の向上とあいまって、金型製作における工程削減・納期短縮のための時間的合理化、高精度加工による技術的高品質化に対する貢献度が評価されていると思われる。

一方、活用技術については、NC テープのプログラミングが間違いなく行われれば、複雑形状の加工であっても自動運転により容易に加工できることから、ひたすら加工の適用域を広げてきたが、活用性向上を目的として効率的な活用技術が実施されはじめ<sup>1)</sup>、筆者らもその一端を報告してきた<sup>2)</sup>。

本報では引続き、こうした作業性の立場に即応して、ワークのセッティングに関して検討したので報告する。

### 1 ワークのセッティング について

#### 1.1 ワークセッティングテーブル

ワークのセッティングについて検討した加工機は、ジャパックス(株)製 L250A 第30号加工機である。

本加工機の本体上のワークセッティングテーブル部の構造は、写真1に示すように、ワイヤ電極走行系下ガイドを支える腕が、加工中テーブルのX軸、Y軸の動きに支障をきたさないようにワークをセッティングできる形状になっており、テーブルエリアの諸寸法は図1の通りである。このテーブルにセッティングできるワークの最大寸法は $300 \times 300 \times 80$ mmで、最大重量は30kgとなっており、テーブルストロークはX軸150mm、Y軸250mmで、図1中 $150 \times 250$ mmのわく(スクリーン部分)で示した領域で加工ができる。ワークのセッティングジグには

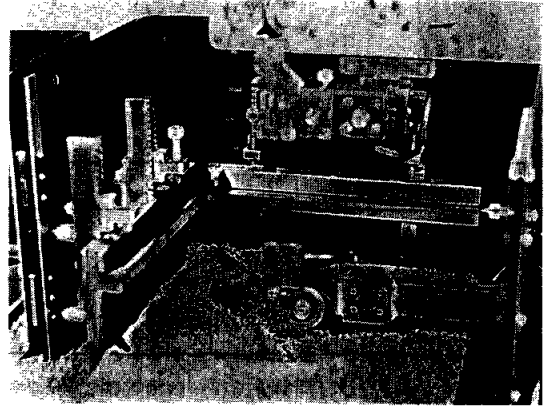


写真1 加工機テーブル部

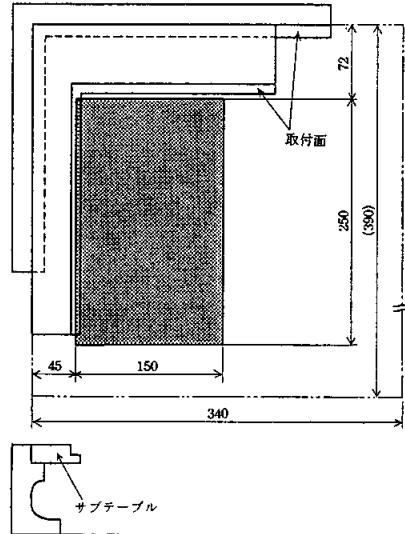


図1 テーブルエリア諸寸法

写真2に示す取付ボルト、押え金具および小物加工用サブテーブルがある。また、ワークの形状、大きさにより特殊なジグをセッティングテーブルとともに用いて様々な加工を行う。これらのセッティングジグを用いて、ワークのセッティングされた状態例を写真3に示す(ワーク外形寸法は $100 \times 250 \times 20$ mm)。

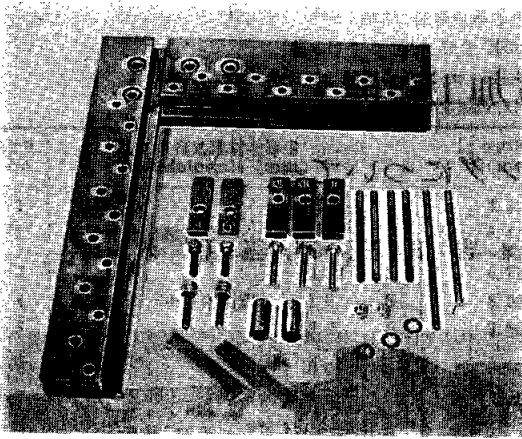


写真2 ワークセッティングジグ

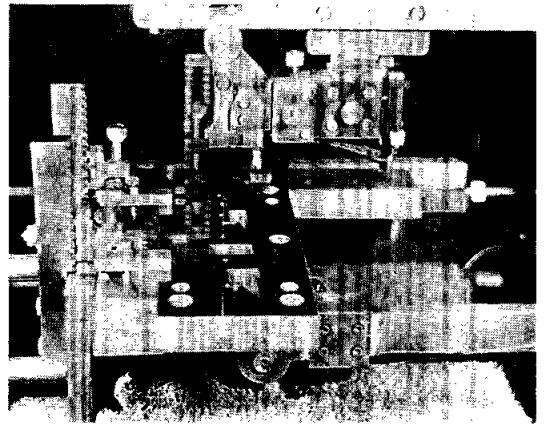


写真3 ワークのセッティング状態

No.	1 標準状態	2	3	4	5	6	7	8
平面状態	$\oplus Y$ $\oplus X$ $\ominus X$ $\ominus Y$	$\oplus Y$ $\ominus X$ $\oplus X$ $\ominus Y$	$\ominus Y$ $\oplus X$ $\ominus X$ $\oplus Y$	$\ominus Y$ $\ominus X$ $\oplus X$ $\oplus Y$	$\ominus X$ $\ominus Y$ $\oplus Y$ $\oplus X$	$\oplus X$ $\ominus Y$ $\oplus Y$ $\ominus X$	$\ominus X$ $\oplus Y$ $\oplus Y$ $\oplus X$	$\oplus X$ $\oplus Y$ $\ominus Y$ $\ominus X$

図2 軸変換による平面状態

セッティングは一般にワークを取付面に乗せ、2、3個所で押え金具と取付ボルトを用いて加工テーブル上にワークを締め付けて固定する。加工の目的により、水平出し作業、位置決め作業を同時に行う場合が多い。

### 1.2 セッティング補助機能

ワークセッティングあるいは加工上の補助的な機能として、加工機はX・Y軸の軸変換機能を有している。すなわち、図2に示すように、X軸、Y軸の標準状態からX・Y軸の軸変換、さらに $\oplus$ 側、 $\ominus$ 側の変換を組み合わせて、都合8通りの平面を作り出すことのできる機能で、この機能を駆使することにより、加工テーブル上で図面の示す向きに対して $90^\circ$ 回転、 $180^\circ$ 回転、反転などの向きのセッティングができる。これを利用すれば、NCテーブルが図面の示す向き通りに作られていても、セッティング加工が可能であれば、必ずしも図面の示す向き通りにセッティングする必要はなく、この軸変換機能の操作により、その制約を緩和することができる。

### 1.3 セッティング作業

実際のワークセッティング作業はワークの形状によりあるいはワーク内加工部の形状・位置によりセッティング・加工ができるかどうか検討することから始まる。

このセッティング・加工可否の判断は、主にサブテーブルの要不要、軸変換機能操作との対比により次のよう

な事項の検討になる。

- ワークの形状……ワーク外形寸法が加工テーブルに乗る寸法であるか。ワーク重量は最大重量を越えていないか。また、ワーク外形形状が異形で、そのままの状態であれば加工テーブルにセッティングすることが困難な場合、必要に応じたジグを準備する。
- 加工部形状、位置……加工部形状は加工ストローク内に納まる寸法か。加工部位置は加工可能領域内にセットできるか。
- ワーク基準面……基準面を有するワークの場合、セッティングは基準面をX軸またはY軸に平行にする必要があり、その作業にダイヤルゲージを用いるが、写真4にその作業例を示すように、基準面の位

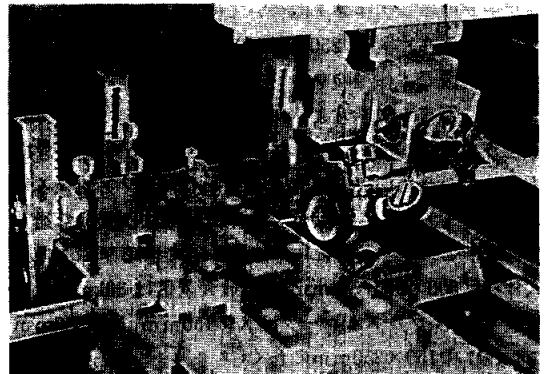


写真4 基準出し作業

置は⊕X側, ⊖Y側に制限される。この作業を満足したセッティングができるか。

- d. ワーク表裏面の状態……ワーク表裏面が平行な一平面であれば、どちら側を上側(下側)にセッティングしてもよいが、部分的におうとつ部を有するワークであれば、その面をテーブル取付面に当ててセッティングすることは困難なことが多い。表裏面の状態がセッティングに支障をきたさないか。

### 1.4 セッティング作業における問題点

加工テーブルの構造上からくる問題とはいえ、ワークの形状や外形寸法、あるいは加工部の位置を考慮してセッティング方法を考え、変換軸を選択することや軸変換機能操作後の加工テーブルの動きの仮想やチェックに要する時間は多くかかり、非常なわずらわしさと複雑さを感じることもある。

特に、1組の抜型部品の加工を例にとれば、各部品図の中で上型部品(パンチプレート、ストリッパなど)と下型部品(ダイなど)の図面は、部品の対向する側を正面図に書かれる場合が一般的で、その場合抜製品部分の形

部品名	ダイ			パンチプレート		
部品図						
NCテープ						
加工可否判断セッティングボタン	セッティング状態	軸変換	加工可否	セッティング状態	軸変換	加工可否
1		X	○		X	○
2		X	○		—	×
3		Y	×		X・Y	○
4		X・Y	○		Y	×
5		X・Y・XY	×		Y・XY	×
6		Y・XY	×		X・Y・XY	×
7		X・XY	×		XY	×
8		XY	×		X・XY	×

図3 加工可否判断

状はお互い反転しており、各部品内のこの部分の加工には、NCテープはその作成作業の合理性から必然同一向きに作られるので、セッティング向きを変え、加工可能領域と対比させて軸変換機能の操作を行うことになる。

このセッティング・加工可否判断作業の具体例を図3に示す。すなわち、図面から作成したNCテープを用いて加工可能なセッティングボタンを選択し、あわせてボタンに合った変換軸の選択操作を行わなければならない。これらの作業過程は、作業者の Know-how を多分に含んだ技術とはいえ、より合理的な作業とすべく手順を改善する必要がある。

## 2 セッティング情報提供プログラムの作成

### 2.1 セッティング情報の提供方法

以上のようなワークセッティング作業の複雑さを解消させるため、簡易にNCテープの自動プログラミング装置におけるカリキュレータを用いて、セッティングに関する情報の提供の一方法を検討した。

使用した装置は写真5に示すジャパックス(株)製 JAPT 2自動プログラミング装置で、カリキュレータおよびXYプロッタの諸元は表1に示す。

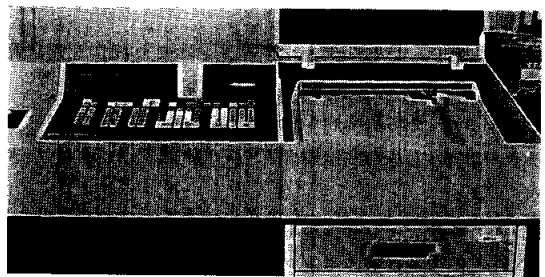


写真5 自動プログラミング装置 [カリキュレータ(左)とXYプロッタ(右)]

表1 装置仕様

		型 式	YHP MODEL 21
カリキュレータ	プログラム言語	容 量	6 Kバイト RAM1447レジスタ
	入 力	表 示	キーボード 発光ダイオード表示盤 電子プリンタ
	型 式	型 式	YHP 9862 A
	プロット範囲	色	250×380mm 一 色

## 2.2 方式の構成

セッティング情報の提供様式は、与えられた加工用図面からワーク外寸と加工部位置寸法を入力して、所定の加工機加工テーブルにセッティング・加工できるボタンを出力することを基本的な構成とし、その出力はプリンタおよびXYプロッタで得られる。

対象とするワーク形状は直方体とし、入力すべき諸寸法は図4に示すように、ワーク外寸( $D \cdot W \cdot H$ )、加工部位置寸法( $d_{max} \cdot d_{min} \cdot W_{max} \cdot W_{min}$ )および必要であれば加工基準面の有無、表裏面の状態(フラットであるか、おう部、とつ部があるか)を入力する。

また、セッティング情報出力の形式は次の事項を満足させる様式とした。

- 加工テーブルにサブテーブルを用いる場合と用いない場合の両状態について、セッティング情報の出力ができる。
- 1ワークにおけるセッティング・加工可能な全ボタンが表示できる。
- セッティング・加工可能なボタンのセッティング状態をプロッタにより図示できる。
- 任意なセッティングボタンを指示すれば、そのセッティング状態をプロッタが図示し、そのボタンでの加工の可否がチェックできる。
- ワークセッティング位置を任意にシフトして、そのときのセッティング状態をプロッタで図示でき、加工可否がチェックできる。
- 選択したセッティングボタンにより操作しなければならない変換軸の選択、操作指示ができる。
- ワークに基準面があれば、各セッティングボタンについて基準面位置がどちら側にくるか図示できる。
- 加工容量の異なる他機種加工機群へのセッティングを想定して、セッティング情報の出力に対して拡張性をもたせる。

## 2.3 セッティング情報提供プログラム

前述の構成様式で各出力事項を満足させるプログラムを作成した。セッティング・加工可否の処理判断は次の項目について行う。

- ワーク外寸が各々のセッティングボタンに対してテーブルバケット内に納まるか。
- ワーク内加工部の位置が各々のセッティングボタンに対して加工可能領域内にあるか。
- ワーク板厚が許容加工寸法以下であるか。
- 基準面位置は、基準出し作業のできる状態にあるか。

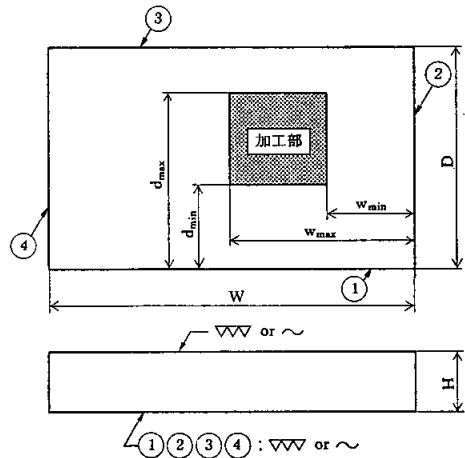


図4 入力データ

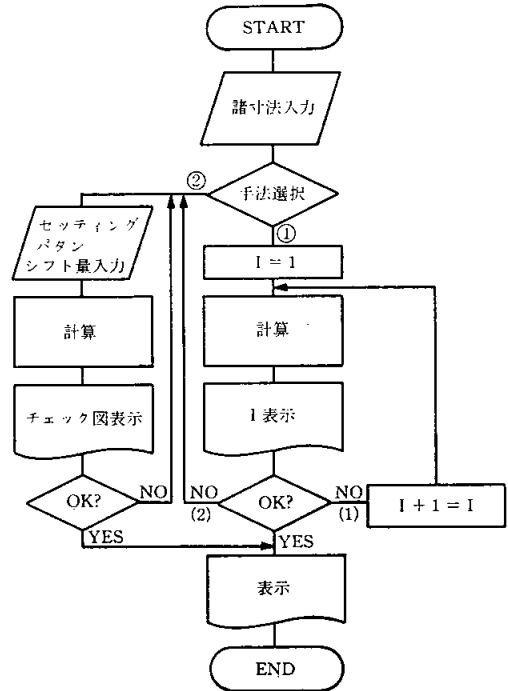


図5 フローチャート

- ワーク表裏面の状態は、セッティング状態を満足させるか。

なお、各セッティングボタンの No. は図2で用いた番号とその状態を用いた。以上のアルゴリズムと入出力処理の論理フローチャートを図5に示す。

## 2.4 実施例

本方式を用いたセッティング情報の提供例を掲げる。ワーク形状は図6および写真6に示す加工基準面をもつ順送型部品(ダイ)で、加工部はワーク内に5箇所散在

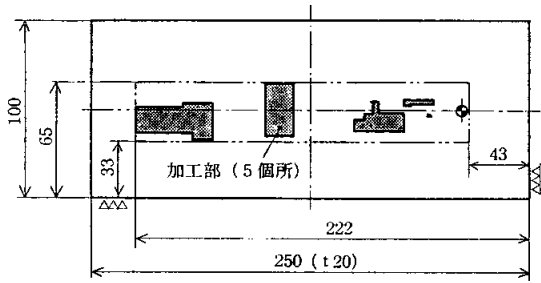


図6 入力諸寸法

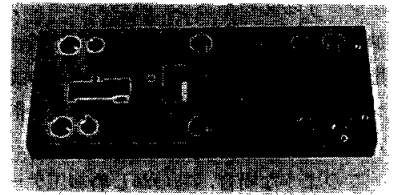


写真6 順送型部品(ダイ)(加工済)

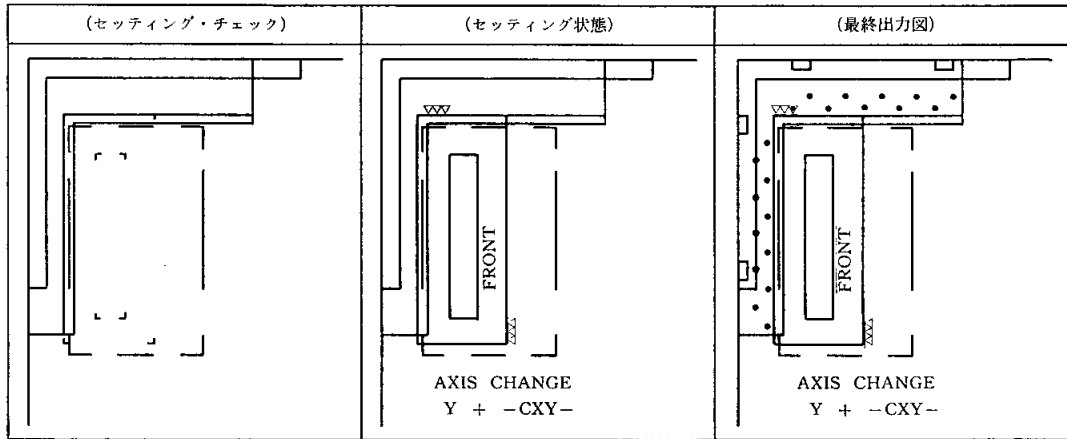


図7 処理過程の例

している。入力諸寸法は図6内に示す。

まずボタンチェックにより、加工テーブルにサブテーブルを用い、ボタン6、7によるセッティング・加工が可能であることを得、ボタン6によるセッティング状態を出力させた。図7はその処理過程を示すもので、ボタン6によるセッティングチェックをした後、そのセッティング状態および最終出力図をプロッタにより描かせたものである。写真7にはボタンチェックを出力したプリンタ用紙、およびボタン6による最終出力図を描いた状態を示した。

## 2.5 結果および考察

本方式で得られたセッティング情報を、加工担当者がNCテープとともに受け取って、セッティング方法の選択、軸変換機能操作に利用できる。

異機種加工機を複数台実働しているような場合、ワーク形状の大きさ、加工部の位置の違いにより加工できる最適な加工機を選択し、加工効率を向上させることができるであろう。

加工形状が小物で、複雑な形状であれば必然加工用図面は拡大尺で描かれ、加工テーブルとの大きさの対比が一層困難になる場合が考えられ、本法の活用は有意義と

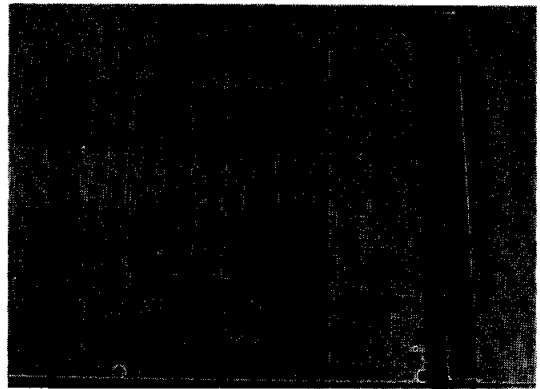


写真7 出力例

なる。

また、従来試みられなかったような、形状が複雑な小物部品の金型製作が、WCEDMの加工精度、特異性を利用して積極的に行われ、さらに曲げ、絞りを加えた複合金型とした一体の順送型に設計された高級な金型に発展させ、こうした技術の向上から、部品内に多くの抜穴を配置することが多くなった。加工部の位置が広まればセッティングの仕方によって加工ストロークを越えるような場合、改めてセッティング向きを変えて再びセッテ

ィングする必要がある。再びセッティングを行うことは加工中ワーク表裏面に付着した加工液によるさびなどの影響で、位置決め誤差が生じやすく、できればセッティング回数は減らして、セッティング時間のロスを縮小するとともに、加工精度を維持したい。

このような場合、あらかじめ加工テーブル構造に合った部品形状を設計段階に加味できればよいが、不可能なことが多いので、少なくともセッティングをわずらわせないような配慮が必要となる。

一方、ワーク表裏面がセッティングボタンにより上側になっても下側になっても加工後なら影響はないと前提したが、加工部の上端、下端について走査電子顕微鏡により観察すれば、その状態は写真8のようであり、加工部品への精度的な影響はないようである。

セッティング情報の提供に対象としたワークは直方体としたが、実加工でのワーク形状に制限はないので、様

様な形状のワークに対するセッティング情報の提供ができるようプログラムを拡張すべきであろう。

最近の加工機では、加工テーブルの構造が改良され、本法の直接の適用が不必要な場合もあるが、方法と手段を一層拡張して活用の向上に寄与できる。

### 3 加工状況遠隔検知装置

こうしたセッティング作業の合理化に加え、長時間に

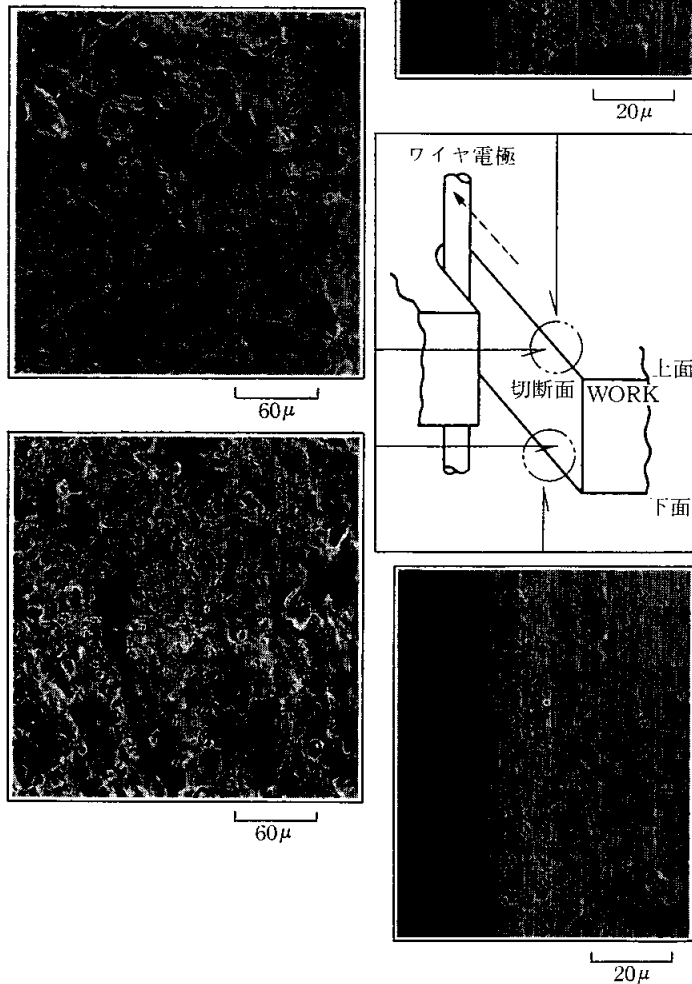


写真8 加工面  
SEM観察写真

わたる無人運転中に作業者は、次の加工用のNCテープの作成や他の作業に従事することができる。この場合、ワイヤ電極の不意な断線など加工中の諸トラブルや、加工終了の検知は、作業者が加工機の周辺にいればなんら問題はないが、往々にして加工機から離れている場合は発見が遅れることになる。すなわち、作業者がなんらかの転機で加工機に近づいたときに発見できるわけで、発見の遅れは加工時間のロスなどにつながる。

特に、断線時の早期発見は断線原因を適確につかむことができ、加工精度を維持するためにも必要なことである。このように作業者が遠隔にして加工状態を掌握するために、加工現象をモニタできる装置を付加させた。

モニタ方式は設備費のかからない無線音声伝搬方式を採用し、ワイヤ電極の断線時および加工終了時に鳴るブザー音を送信機により伝搬し、遠隔作業者の手中の受信機がその電波を受けて検知するものである。

装置の付設状態および受信機を写真9、10に示す。また、本装置の回路図および使用した送受信機ユニット諸元は図8および表2に示す。



写真9 送信装置の付設状態

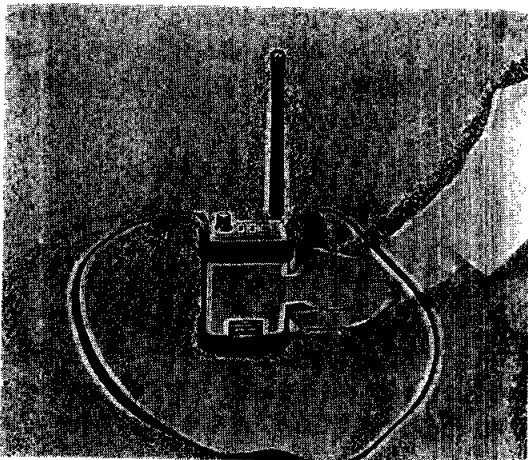


写真10 受信機

表2 使用送受信機の仕様

送信機	機種	世和興業 MX-500
	寸法	99×49×19mm
	重量	90g
	電源	DC 3V
	出力電力	1mW以下
	周波数	144MHz
受信機	電波型式	周波数変調 F <sub>3</sub>
	機種	世和興業 MODEL MS-2
	寸法	110×70×30mm
	重量	300g
	電源	DC 48V (充電式)
	受信周波数	4 Ch 自動選局
	モニタ	スピーカまたはイヤホン
アンテナ	ワイヤまたはフレキシブル	

この遠隔検知装置による構内（鉄筋平家建、建物面積6,000m<sup>2</sup>、加工機より屋内最遠距離95m）でのモニタ状況は、加工機より半径100m以内の建物内および屋外で良好であった。つまり、作業者は無人運転中、構内のほぼどの場所においても加工状態をモニタできるわけである。

#### あとがき

WCEDMの加工方式がNCであることから、加工作業全般の中でいわゆる加工精度を高度に維持するのに作業責務の高い点は、直接作業者がハンドワークで行うNCテープのプログラミング技術、加工条件選択技術、セッティング技術となる。

目に見えず、人に語らない Know-how の差がここに現われるのではないかと思う。その意味では、セッティング作業技術を、ややもすれば軽視した検討に終始したともいえるが、WCEDMの活用性向上に関するごん新さへの着眼にあることの指摘に重きをおいた。

#### 参考文献

- 1) 河原：ワイヤカット放電加工機による効率的な金型部品製作、機械と工具、54-3
- 2) 吉田：ワイヤカット放電加工の効果的利用、自振協技研講習会テキスト、53-10

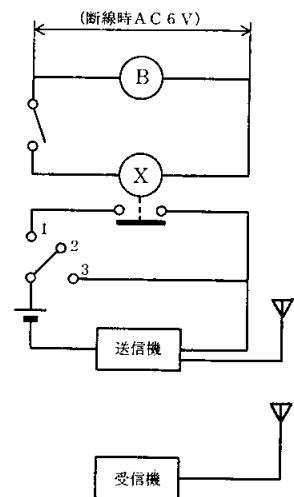


図8 遠隔断線検知装置回路図