

# 放電加工による 曲がり穴および断面変化穴の創成

石 田 徹

徳島大学  
大学院ソシオテクノサイエンス研究部  
(工学部 機械工学科)

第14回 徳島大学研究者との集い  
2012年10月2日  
大阪大学中之島センター3階

## 自己紹介

氏名 石 田 徹  
ふりがな いしだ とおる / ISHIDA, Tohru  
性別 男  
生年月日 1972(昭和47)年5月15日(満40歳)  
本籍地 東京都  
現居住地 徳島県徳島市



現勤務先 徳島大学  
所 属 大学院:大学院ソシオテクノサイエンス研究部  
先進物質材料部門 材料加工システム大講座  
学 部:工学部 機械工学科 生産システム講座  
研究室 加工プロセス&システム研究室  
職 位 教授  
学 位 博士(工学)(大阪大学)

# 研究の背景

一般に...

除去加工法で形成できる

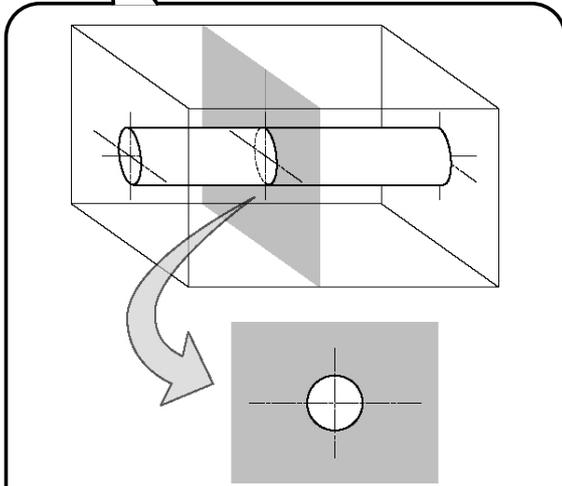
穴形状の自由度  
→ 非常に低い!

“円断面直穴”を  
駆使せざるを得ない現状

研究の端緒

加工可能な穴形状の  
拡張

ドリル加工  
= 代表的穴加工法  
加工形状  
中心軸形状：直線  
断面形状：円



加工可能な穴形状の典型例

現状の穴加工について考えてみると...

〔除去加工で加工可能な穴形状を〕  
以下の観点から分類してみる

1. 穴の断面形状 → 円, 多様
2. 穴の中心軸形状 → 直線
3. 穴の中心軸方向に沿った  
穴の断面形状の変化 → 無し

研究の方向性

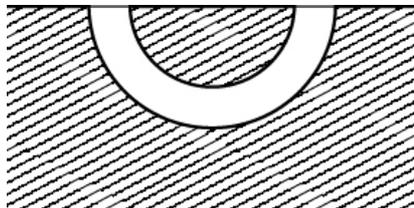
中心軸が曲線状の穴形状

断面形状が変化する穴形状

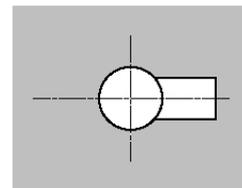
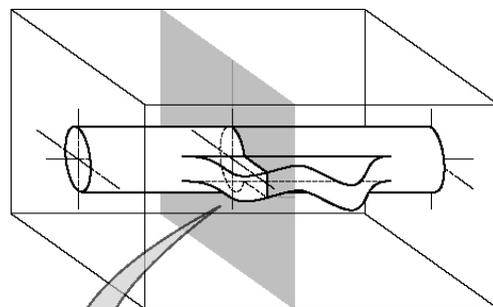
# 研究の背景

研究の方向性

- ・ 中心軸が曲線状の穴形状 ⇒ 曲がり穴
- ・ 断面形状が変化する穴形状 ⇒ 断面変化穴



曲がり穴形状



断面変化穴

# 曲がり穴形状の需要

金型の冷却管や  
油空圧機器の作動流体供給管の管路など

直穴を組み合わせた  
折れ線状の穴形状で対応

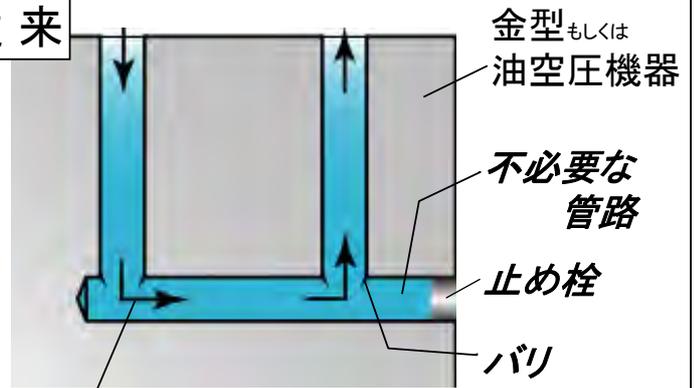
## 問題点

- ・ 任意位置に管路を配置できない
- ・ 任意形状の管路を実現できない
- ・ 直穴の接合部＝管路の急激な角度変化部
  - ・ 圧力損失やよどみが発生する
  - ・ 加工時にバリが発生しやすい
- ・ 管路形成のために...
  - ・ 加工せざるを得ない直穴が生じる
  - ・ 本来不必要な直穴が残留する
  - ・ 止め栓を利用せざるを得ない



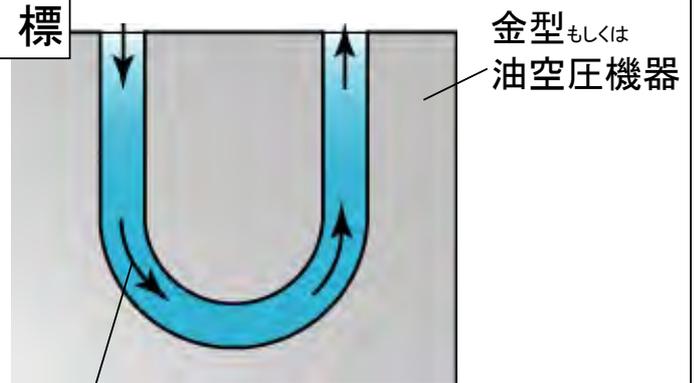
金 型：生産性向上の妨げ  
油空圧機器：効率化や小型化の障害

従来



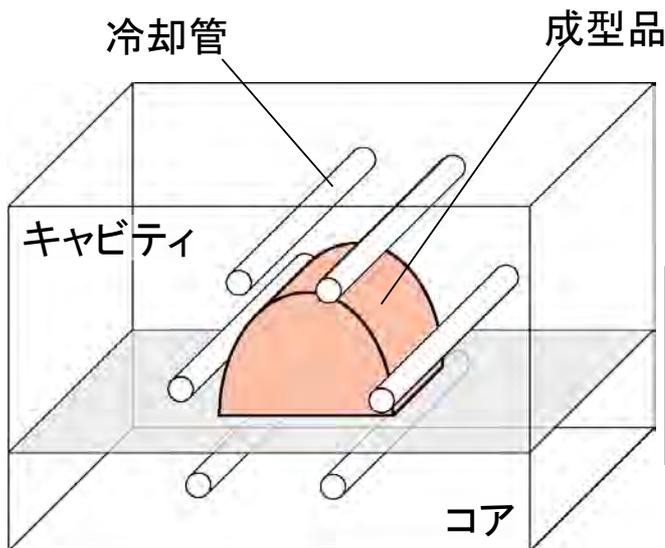
流体の流れ

目標

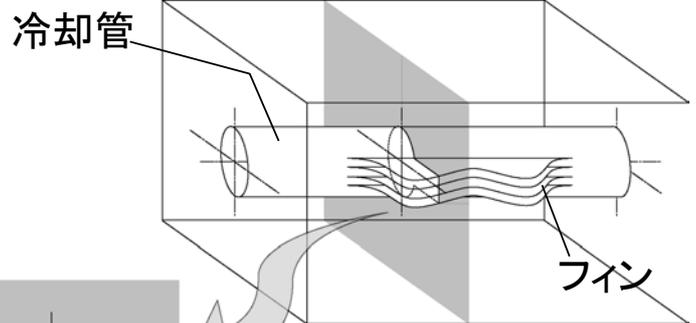


流体の流れ

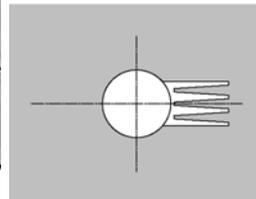
# 断面変化穴の需要



金型に加工された冷却管



(a) 透視図

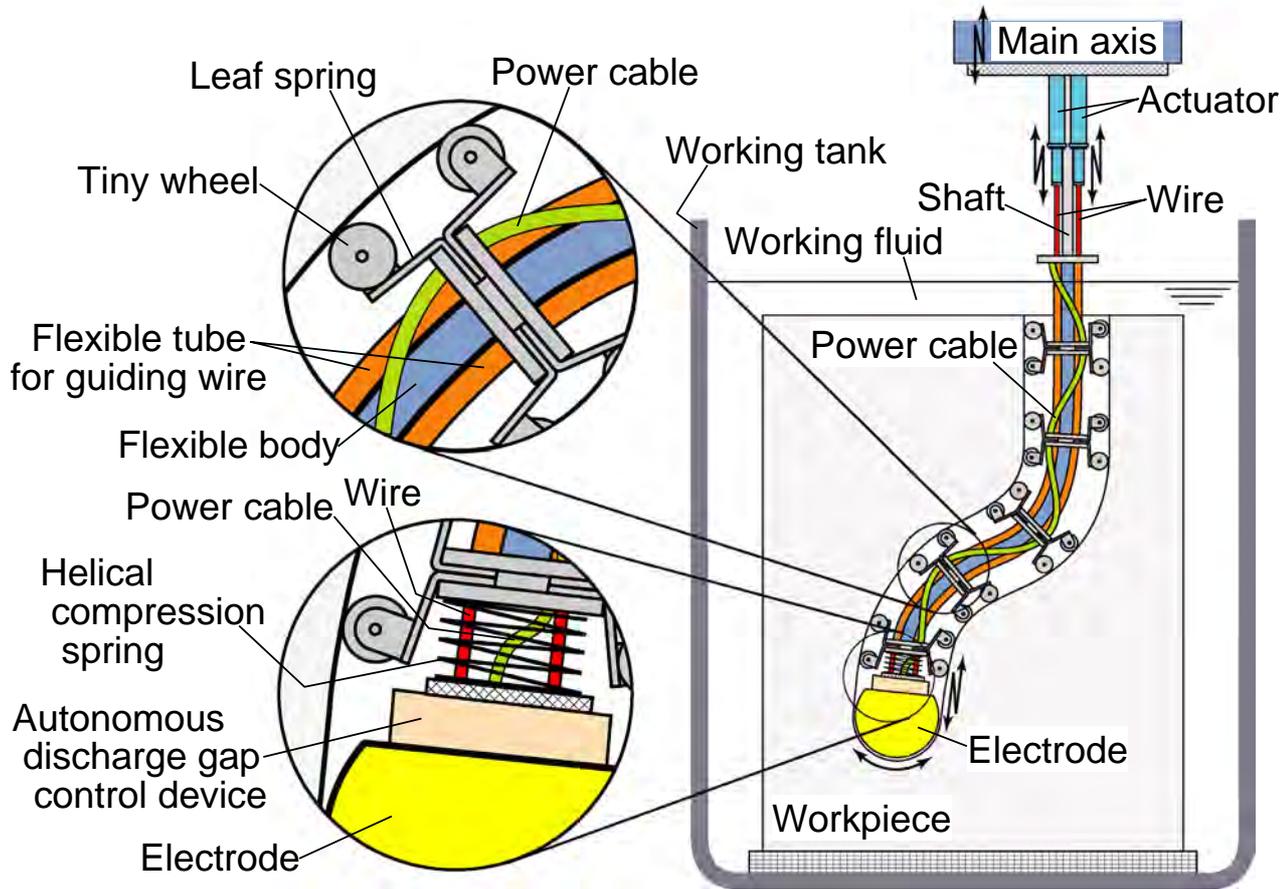


(b) 断面図

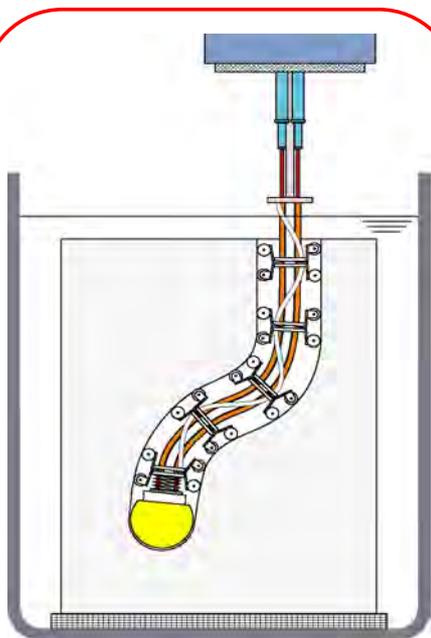
- ・ 奪熱の効率化
- ・ 円周方向／軸方向で選択的な奪熱



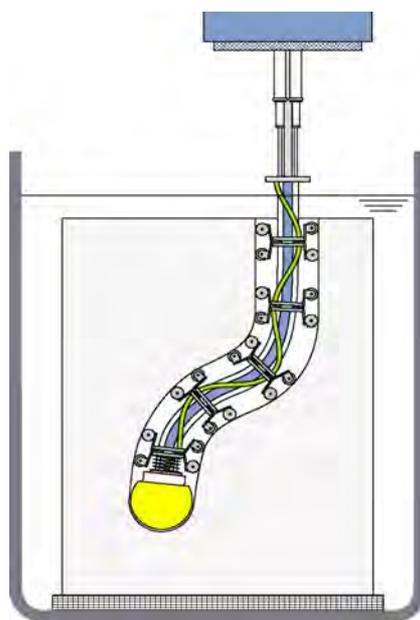
冷却管の高性能化 ⇨ 金型温度・熱流  
制御の高自由度化



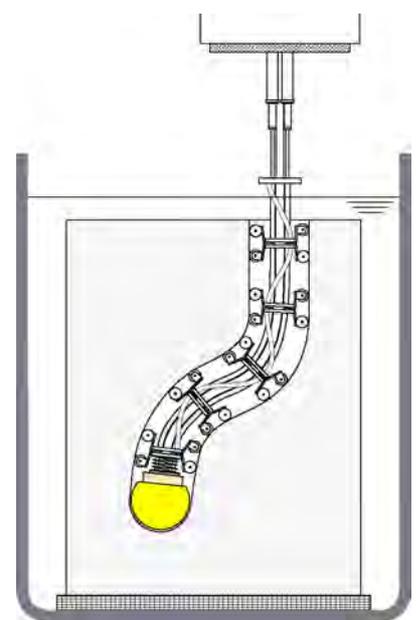
**Schematic view of snake-type curved hole machining system**



**Machining Direction Determining Device**  
「方向制御機構」

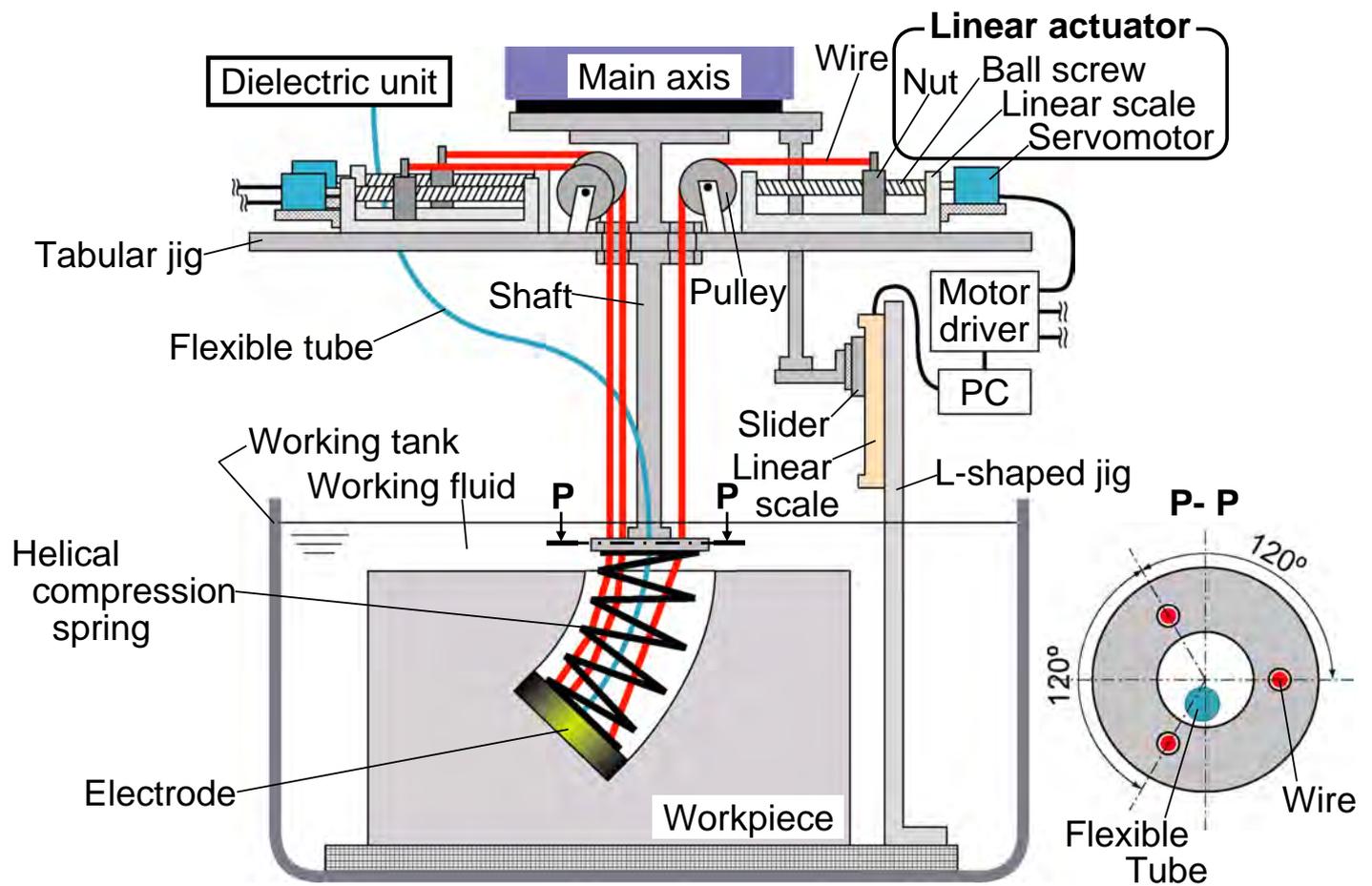


**In-pipe Movable Device**  
「管内走行機構」

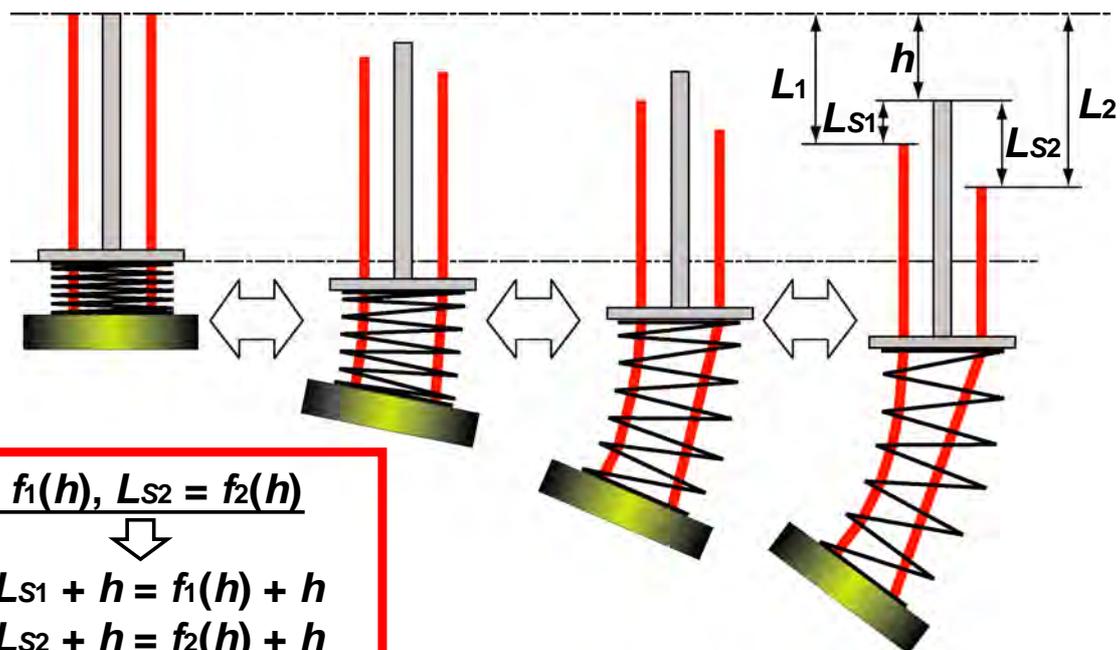


**Autonomous Discharge Gap Control Device**  
「極間距離自動制御機構」

**Three devices constituting of the system**



**Schematic view of machining direction determining device**



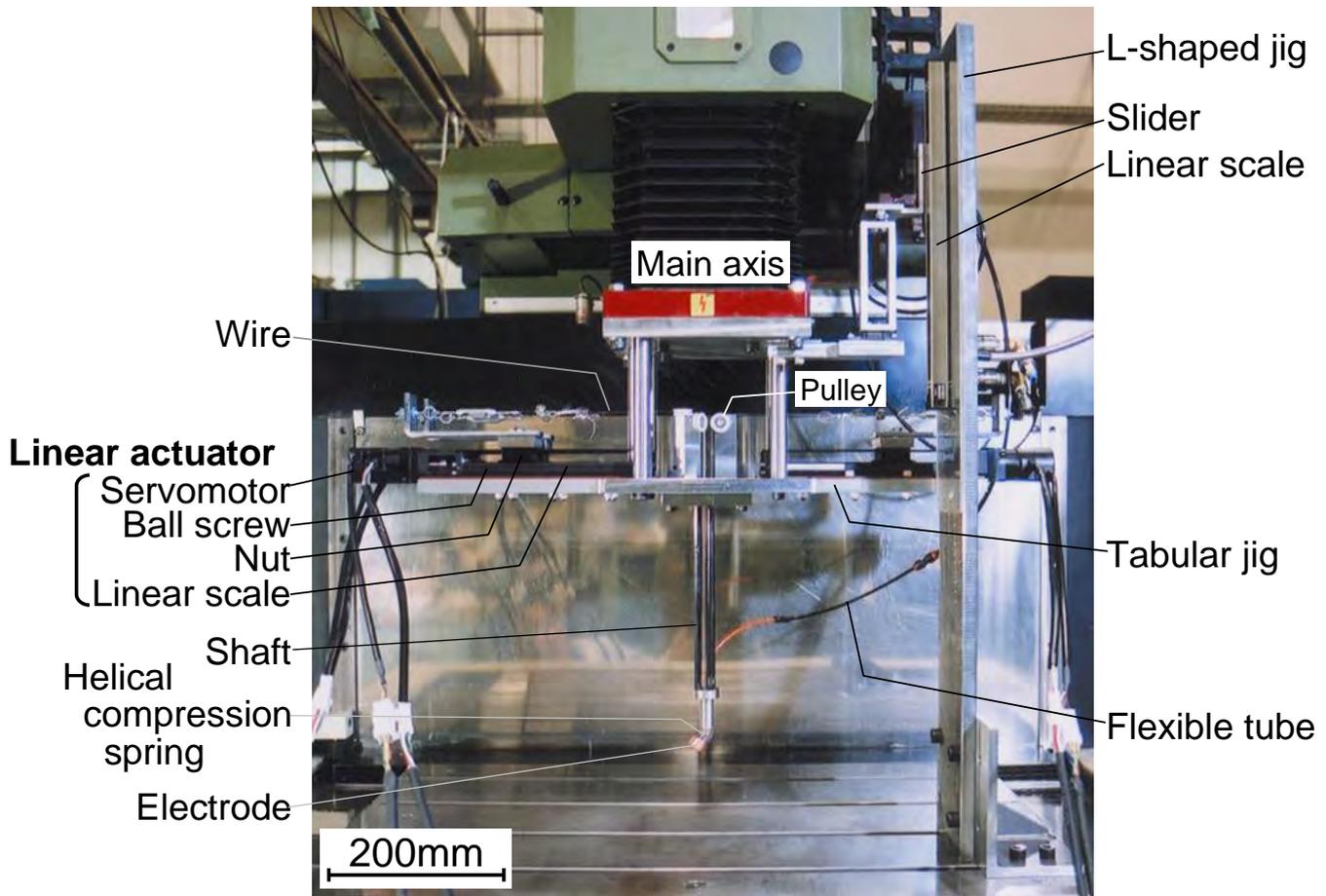
$$L_{s1} = f_1(h), L_{s2} = f_2(h)$$

$$L_1 = L_{s1} + h = f_1(h) + h$$

$$L_2 = L_{s2} + h = f_2(h) + h$$

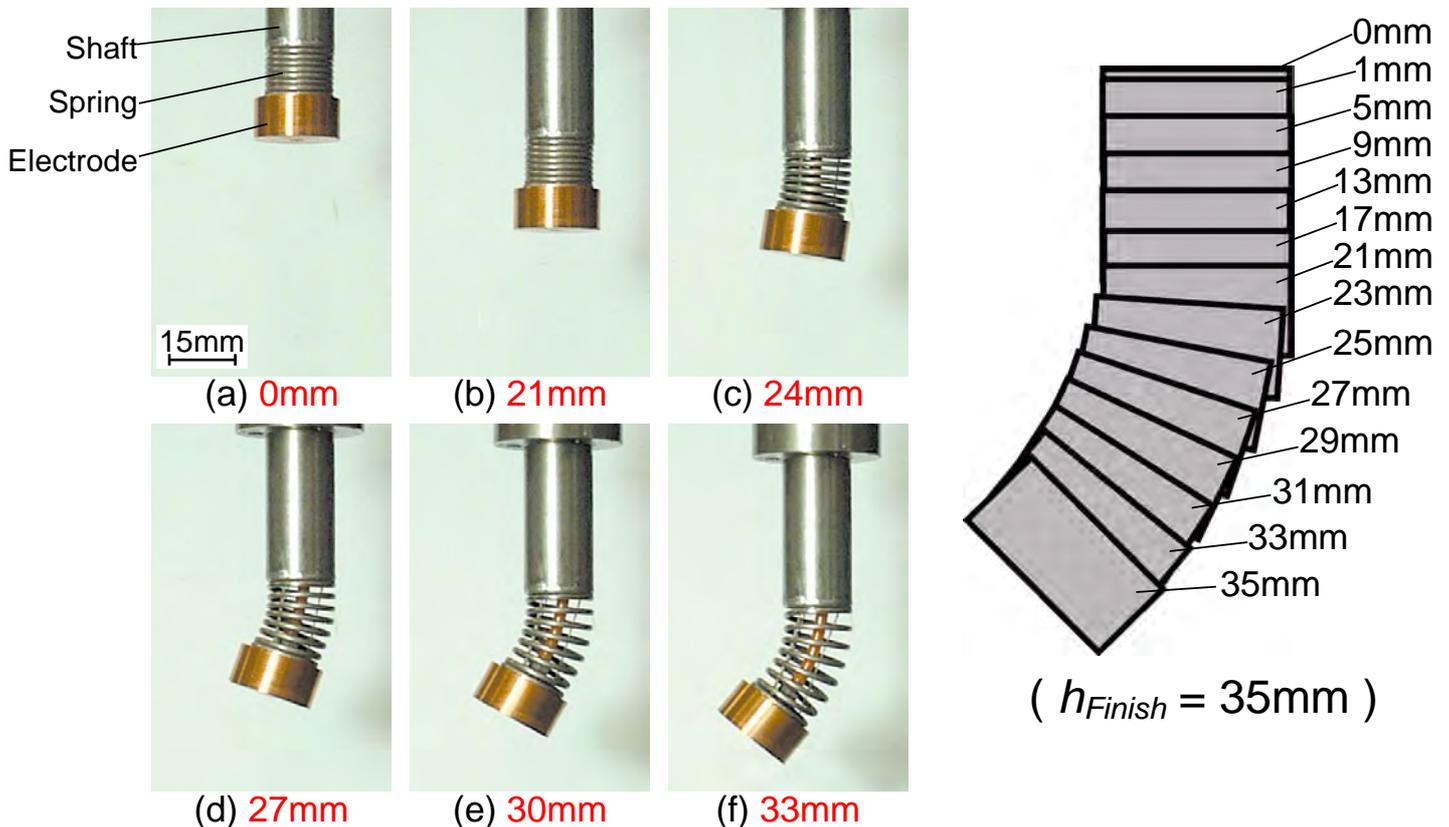
$$\therefore L_1 : L_2 = f_1(h) + h : f_2(h) + h$$

**Motions of helical compression spring and electrode**



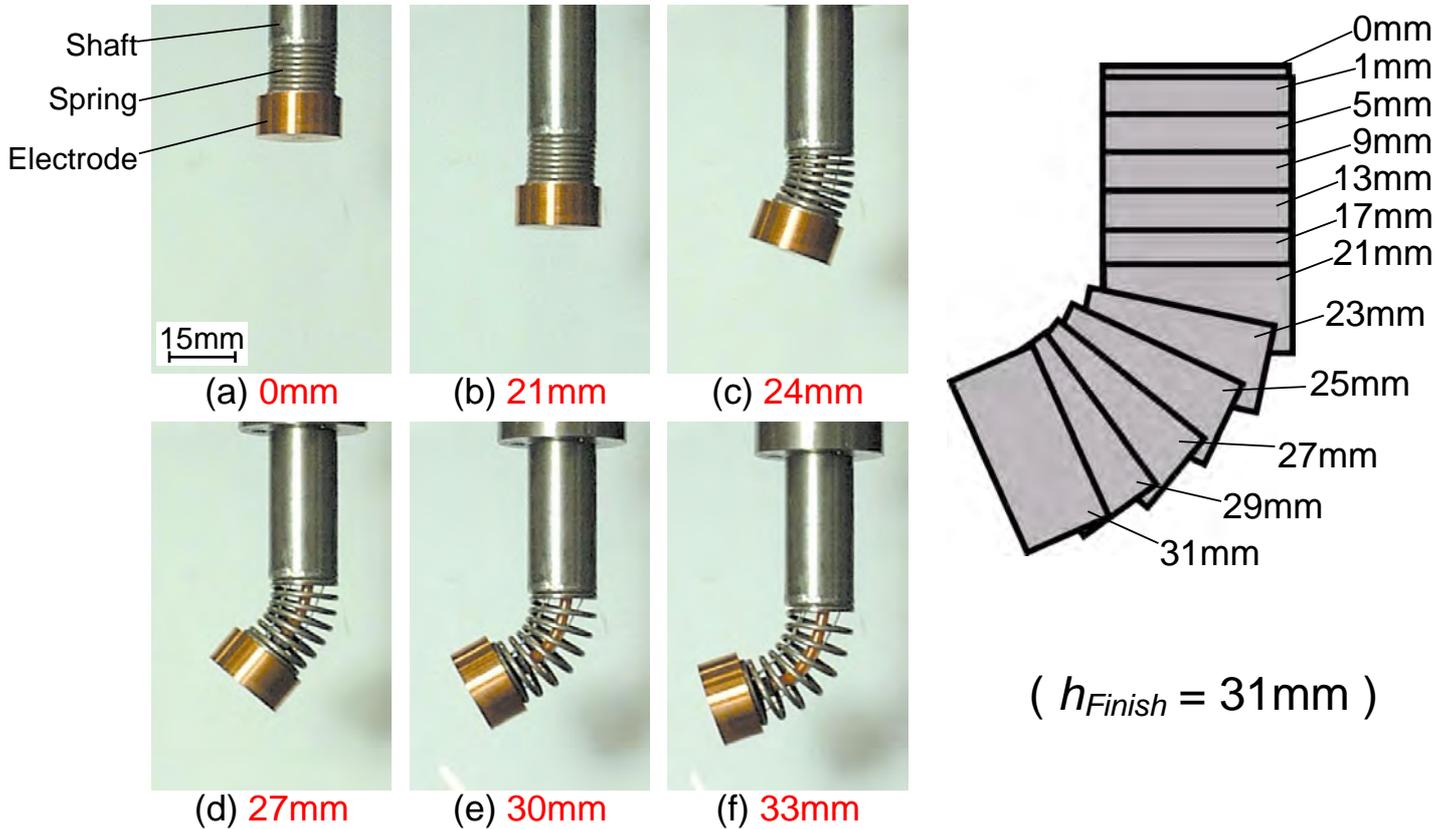
**Overall view around EDM main axis of the device**

★  $h_{Start} = 21\text{mm}$ ,  $L_1 = 2h$ ,  $L_2 = 2.5h$  ( $L_1 : L_2 = 2 : 2.5$ )



**Obtained motions of spring and electrode, and change in electrode position according to amount of EDM main axis feed**

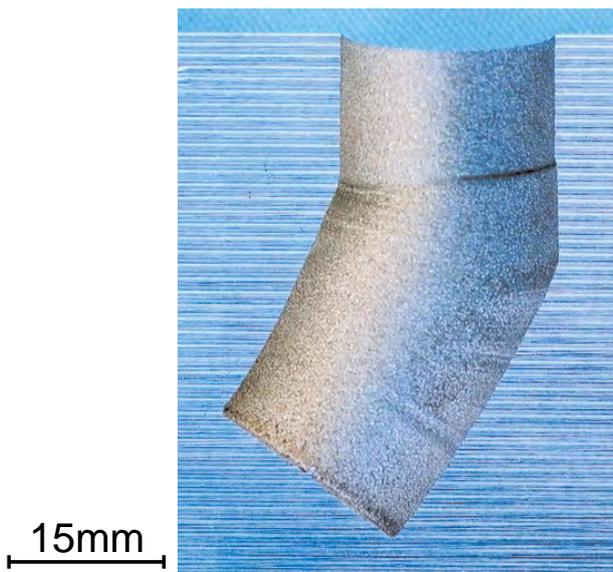
★  $h_{Start} = 21\text{mm}$ ,  $L_1 = 2h$ ,  $L_2 = 3h$  ( $L_1 : L_2 = 2 : 3$ )



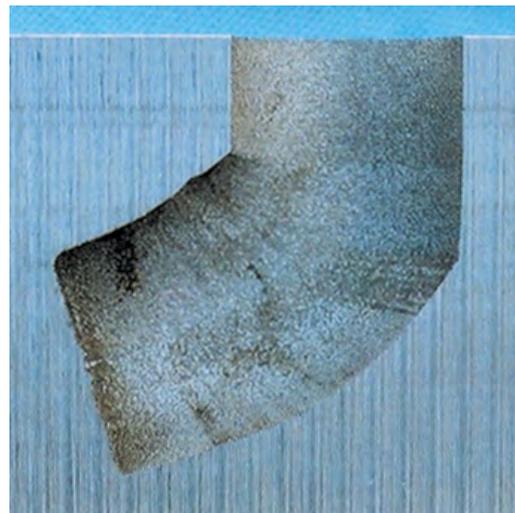
**Obtained motions of spring and electrode, and change in electrode position according to amount of EDM main axis feed**

- Machining time : 230min.
- Removal rate : 79mm<sup>3</sup>/min.
- Machining time : 220min.
- Removal rate : 80mm<sup>3</sup>/min.

(  $h_{Start} = 21\text{mm}$  )



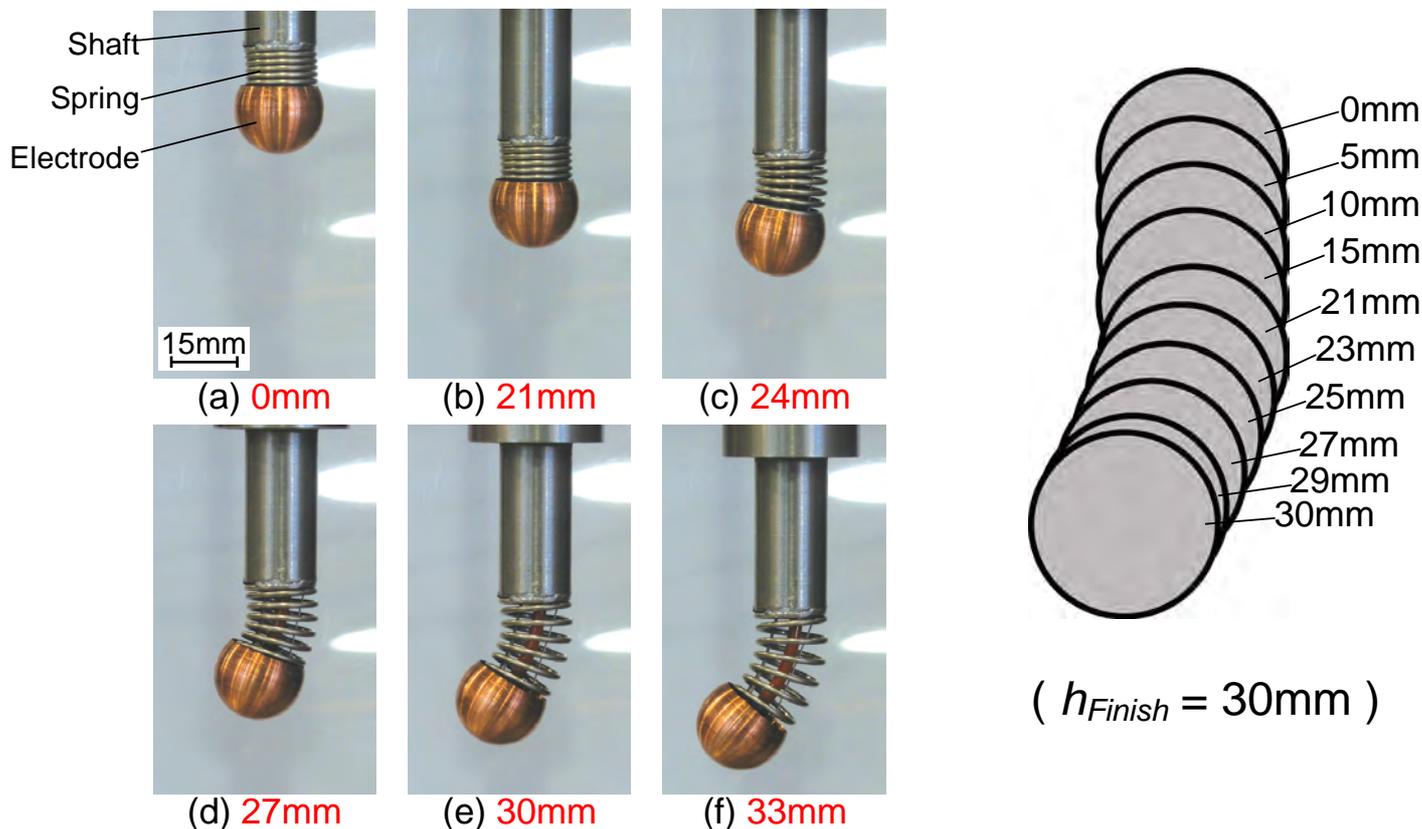
(a)  $L_1 = 2h$ ,  $L_2 = 2.5h$   
 $L_1 : L_2 = 2 : 2.5$   
 (  $h_{Finish} = 35\text{mm}$  )



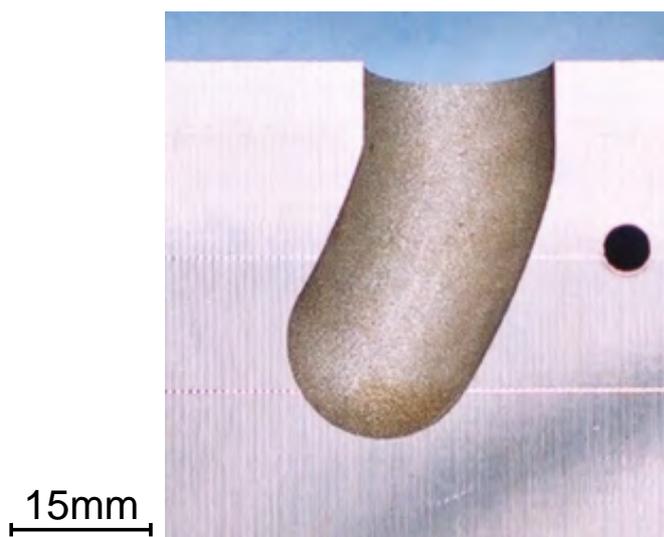
(b)  $L_1 = 2h$ ,  $L_2 = 3h$   
 $L_1 : L_2 = 2 : 3$   
 (  $h_{Finish} = 31\text{mm}$  )

**Section views of machined workpieces**

★  $h_{Start} = 21\text{mm}$ ,  $L_1 = 2h$ ,  $L_2 = 2.5h$  (  $L_1 : L_2 = 2 : 2.5$  )



**Obtained motions of spring and electrode, and change in electrode position according to amount of EDM main axis feed**



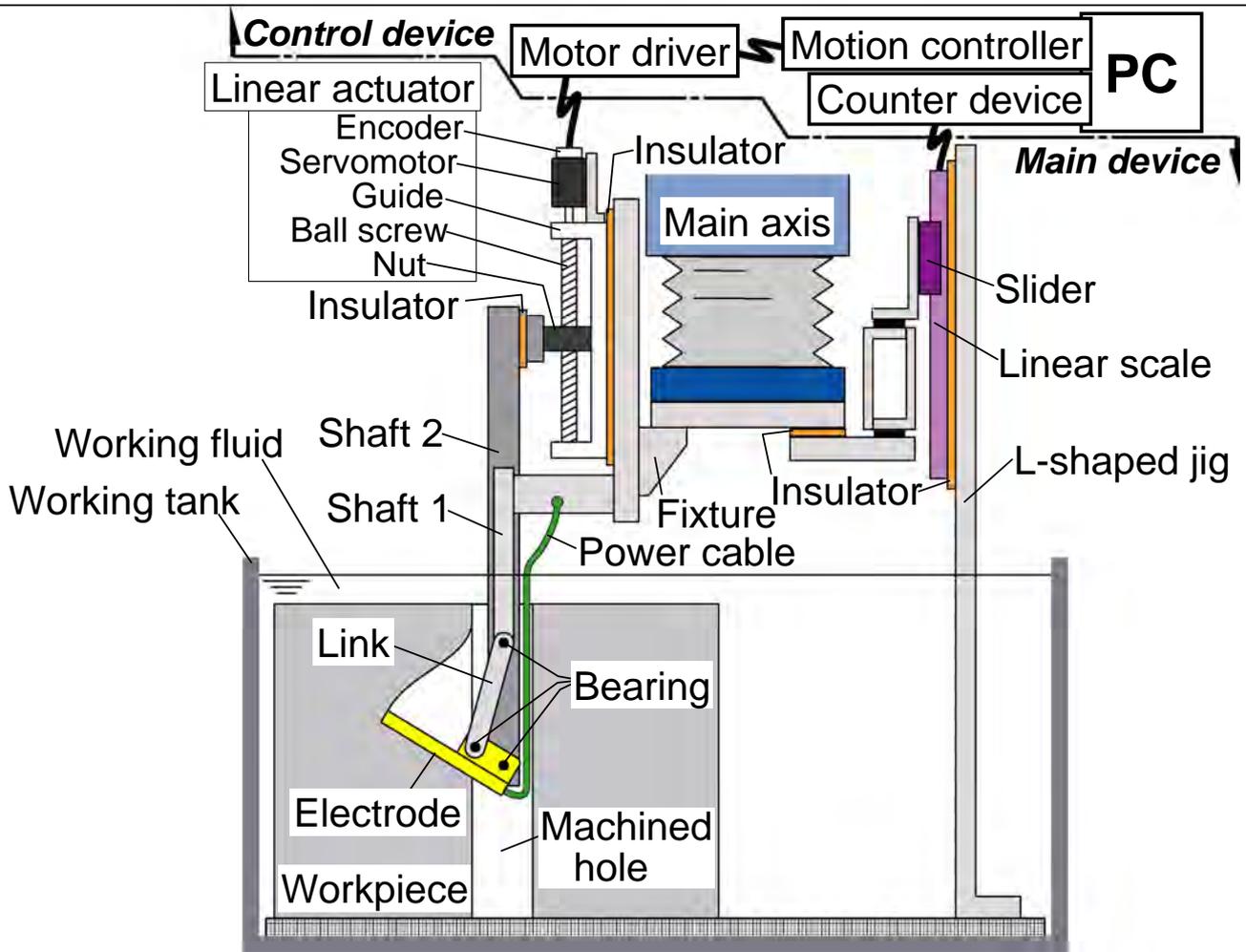
$$L_1 = 2h, L_2 = 2.5h$$

$$L_1 : L_2 = 2 : 2.5$$

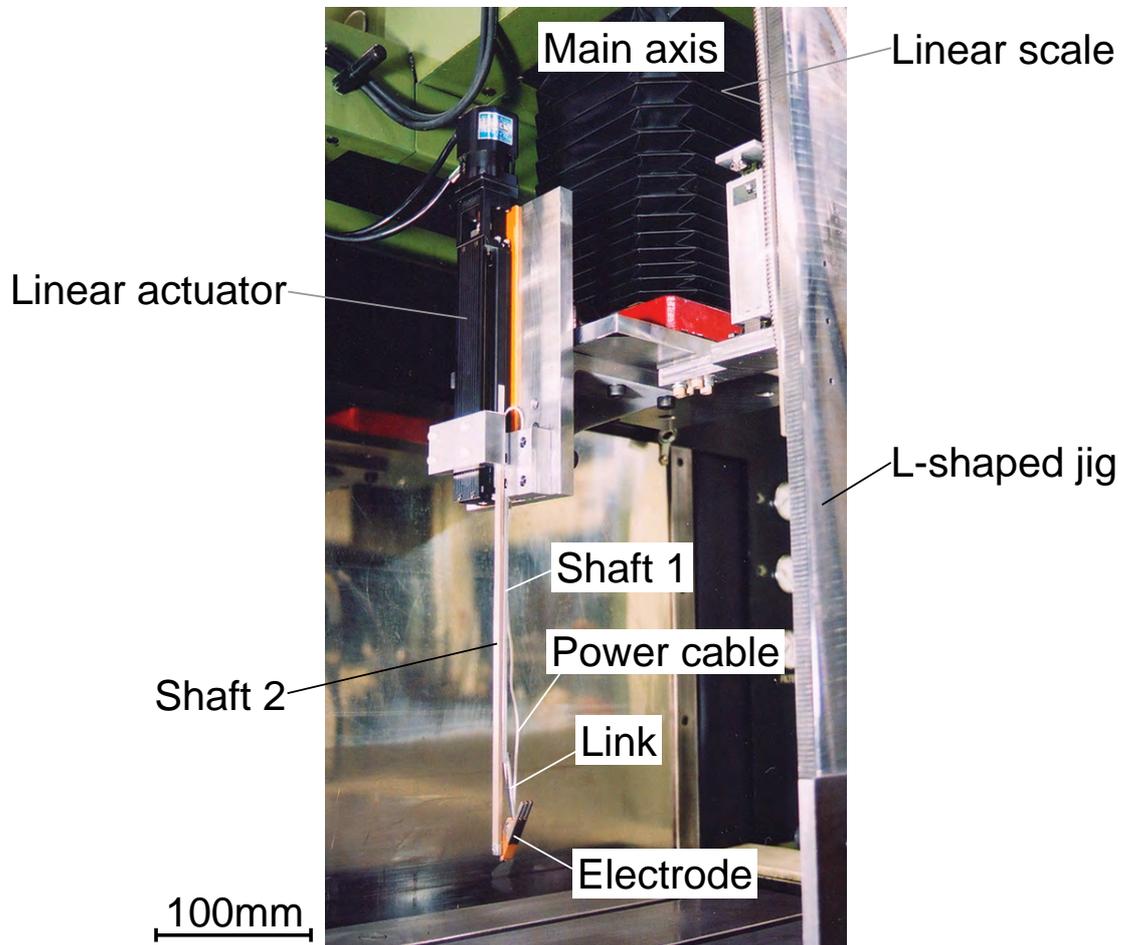
$$\left[ \begin{array}{l} h_{Start} = 21\text{mm} \\ h_{Finish} = 30\text{mm} \end{array} \right]$$

- Machining time : 170min.
- Removal rate : 78mm<sup>3</sup>/min.

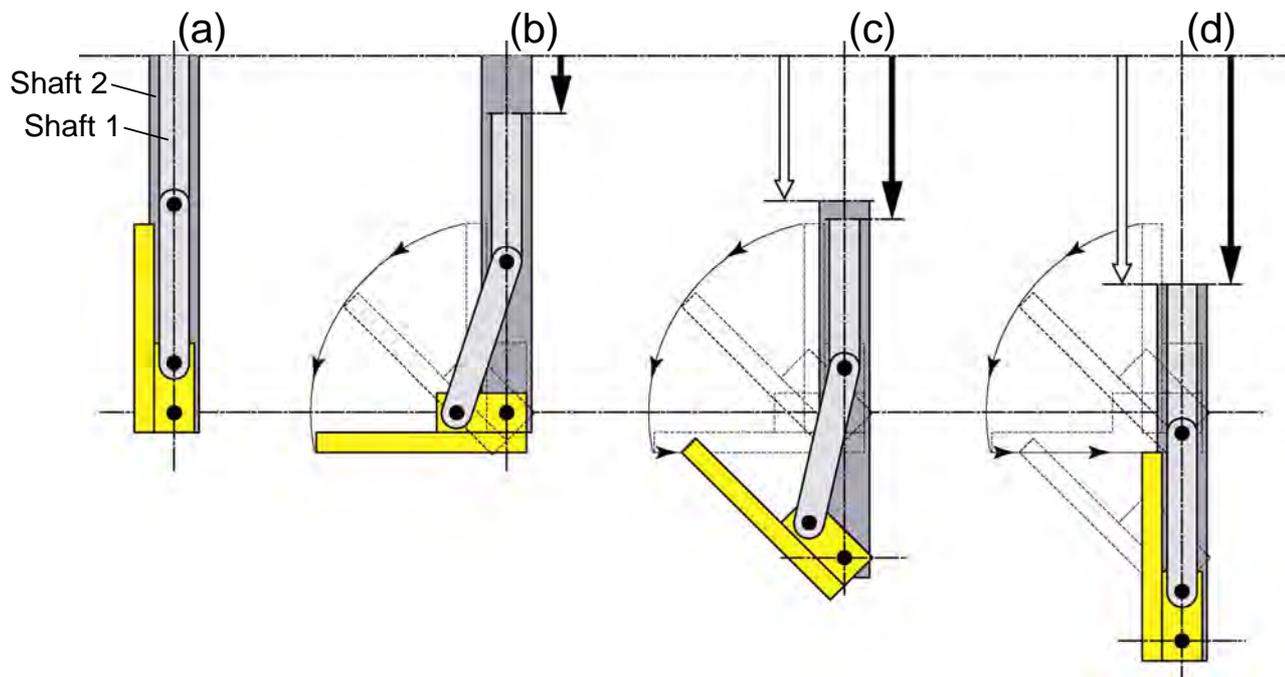
**Section view of machined workpiece**



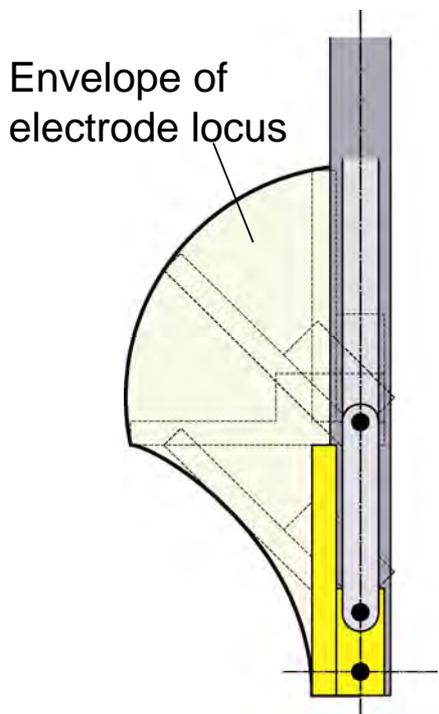
**Schematic view of experimental device**



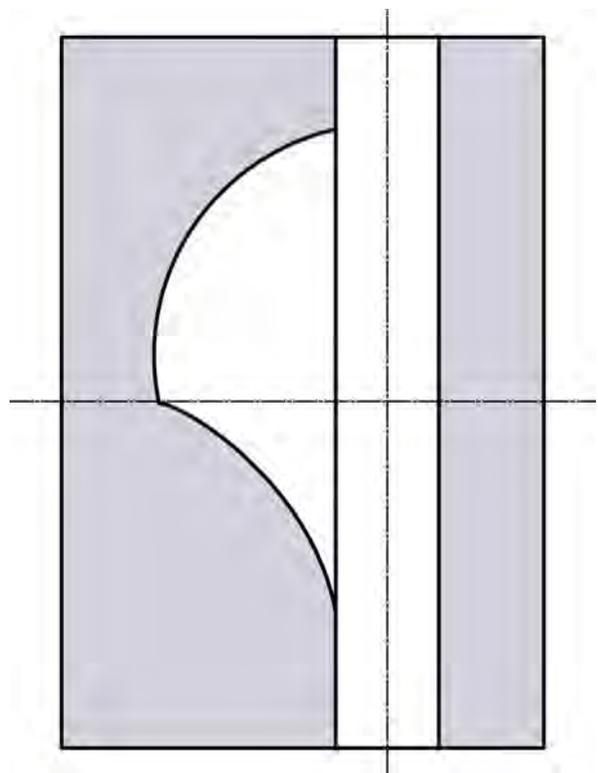
**Overall view of experimental setup**



**Target of shaft action and electrode motion**

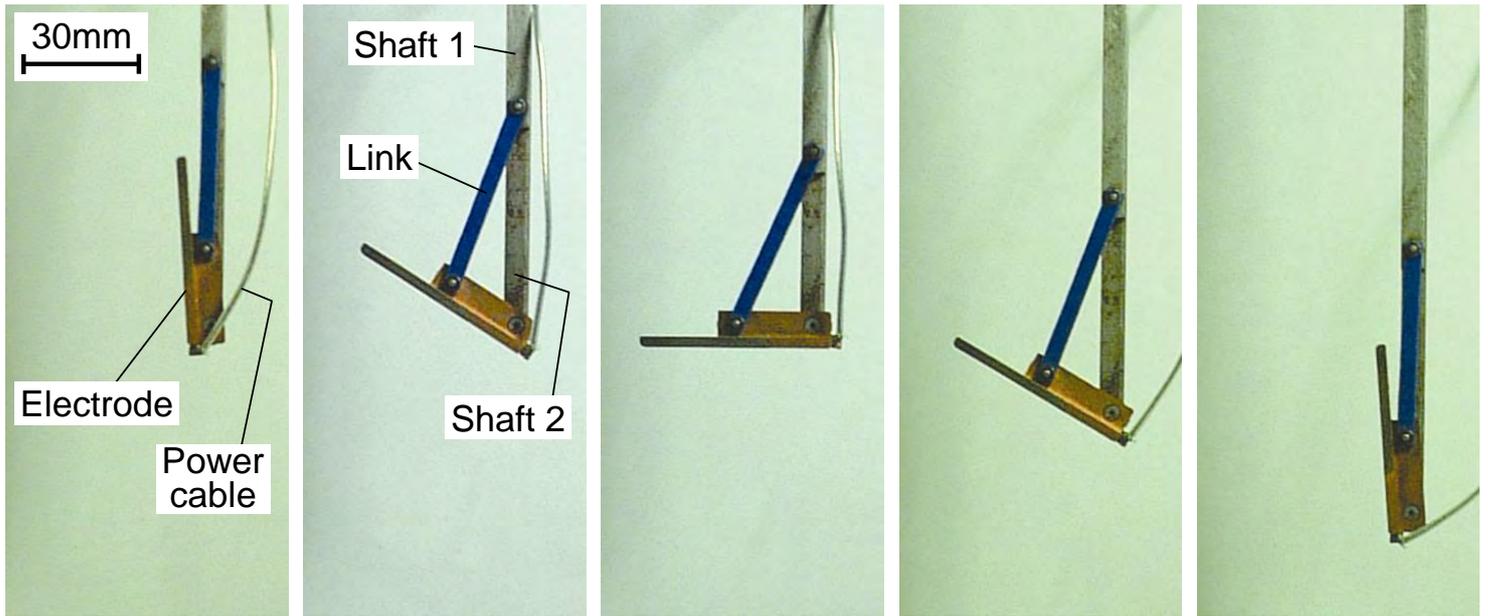


(a) Electrode locus



(b) Longitudinal section of workpiece

**Obtained electrode locus and expected sectional shape of machined workpiece**



(a) 0mm

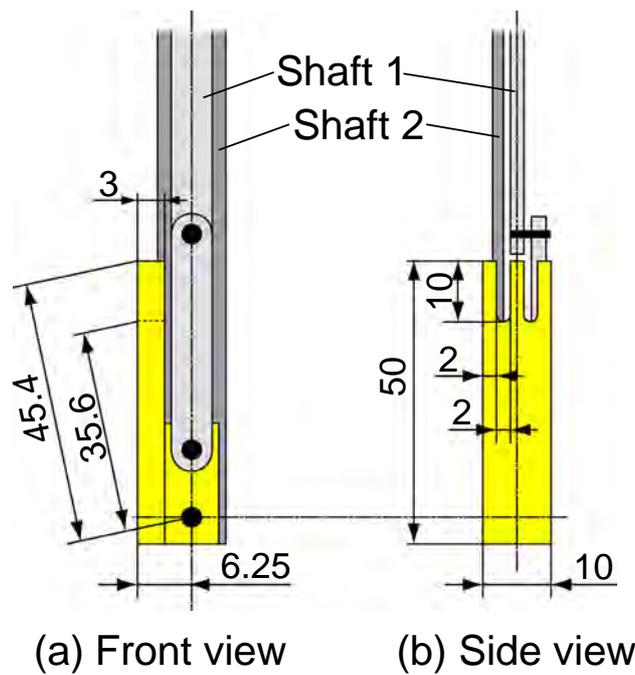
(b) 12mm

(c) 24mm

(d) 36mm

(e) 50mm

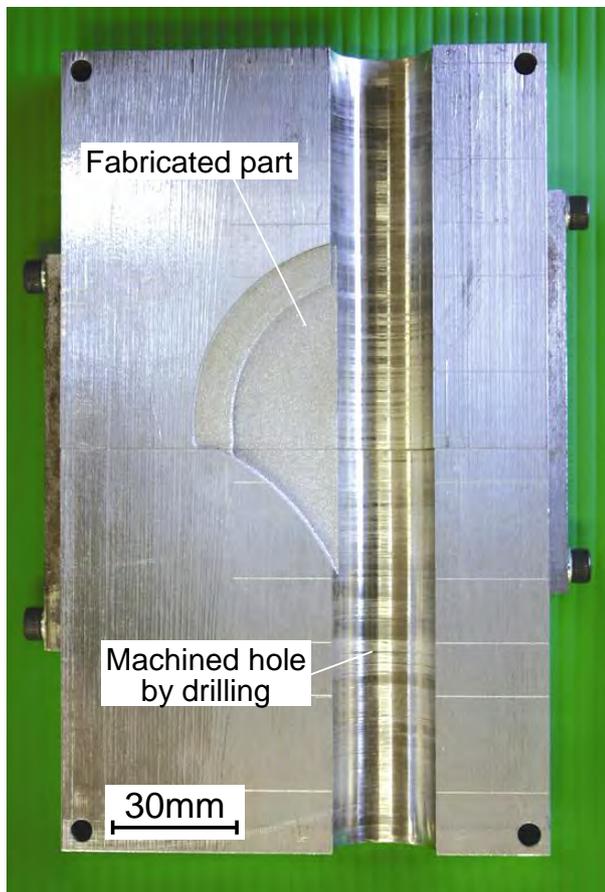
**Obtained motion of the electrode according to amount of EDM main axis feed**



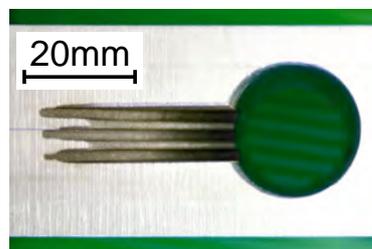
(a) Front view

(b) Side view

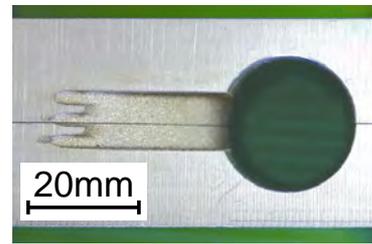
**Dimensions of electrode used in machining experiment**



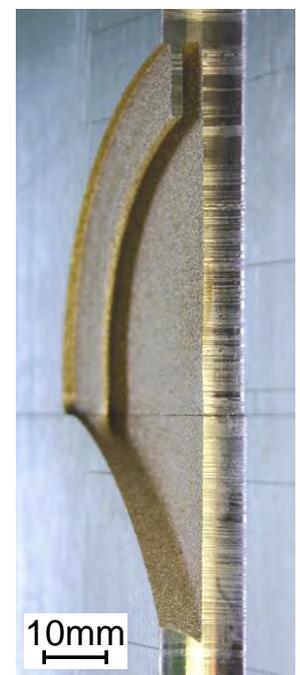
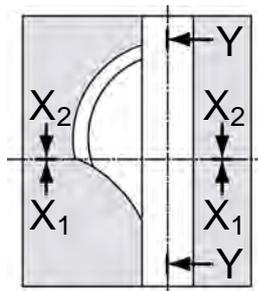
(a) Longitudinal section



(b)  $X_1 - X_1$  section



(c)  $X_2 - X_2$  section



(d) Y-Y section  
(half piece)

Machining time: 164min.  
Removal rate: 95.4mm<sup>3</sup>/min

## Section views of machined workpiece

## ま と め

本研究室では、現在実用化されている除去加工法とその一般的な適用手法では形成不可能とされてきた曲がり穴や断面変化穴を放電加工を用いて創成する方法について研究開発を行ってきており、本講演では、その一部をご紹介します。

## 最 後 に...

紙上でご紹介した研究事例は、紙面の制約上、一部にすぎませんので、本研究にご興味がありましたら、ご一報いただければ幸いです。