

パラレルメカニズムを用いた 高速走査電解加工における 加工電圧制御

金沢大学 理工研究域 機械工学系
准教授 小谷野 智広

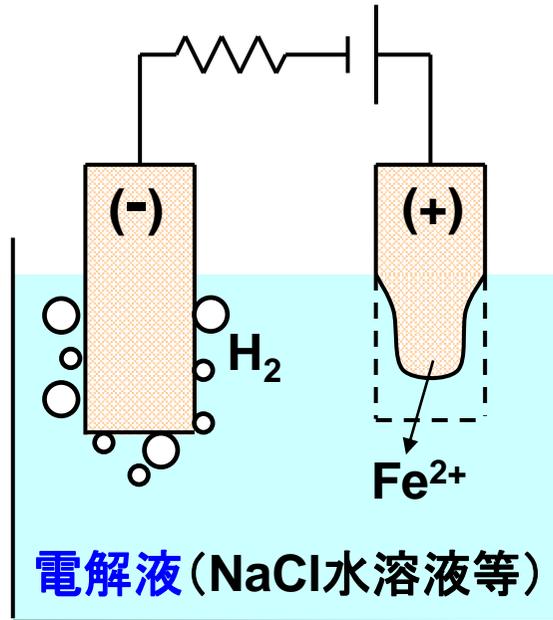
2023年8月17日

種々の加工方法

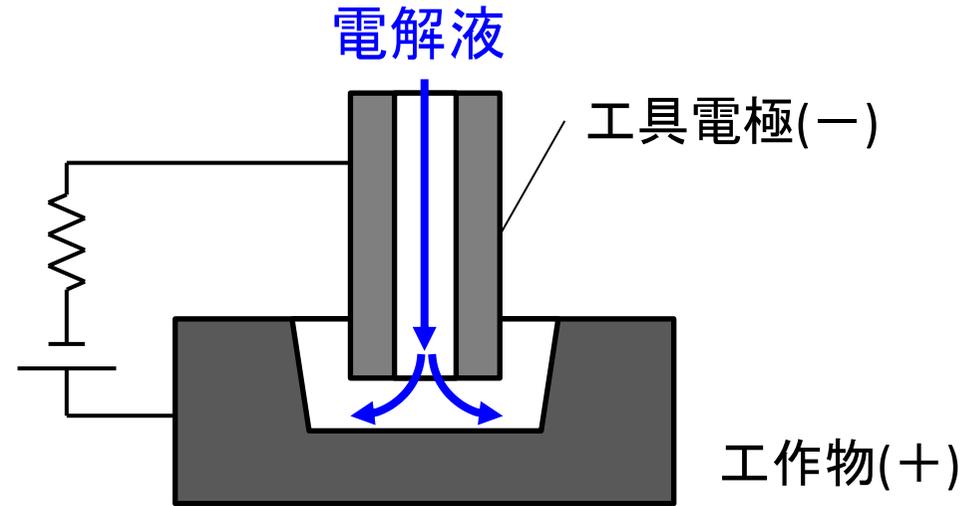
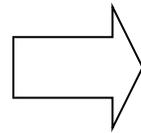
| | 加工法 |
|---------|----------|
| 除去加工(－) | 切削加工 |
| | 研削加工 |
| | 研磨加工 |
| | レーザー加工 |
| | 放電加工 |
| | 電解加工 |
| 付加加工(+) | 付加製造(AM) |
| | 溶接 |



電解加工とは



電解反応



電解加工

例：電流密度 $1000\text{A}/\text{cm}^2$ ，加工速度 $3\text{mm}/\text{min}$

電解加工の特徴

- ・材料の硬さに依らず加工可能
- ・加工変質層が生じない
- ・クラック，バリが生じない
- ・工具電極の消耗がない

欠点

- ・電解液による腐食
- ・電解生成物の処理
- ・加工精度が悪い

走査電解加工

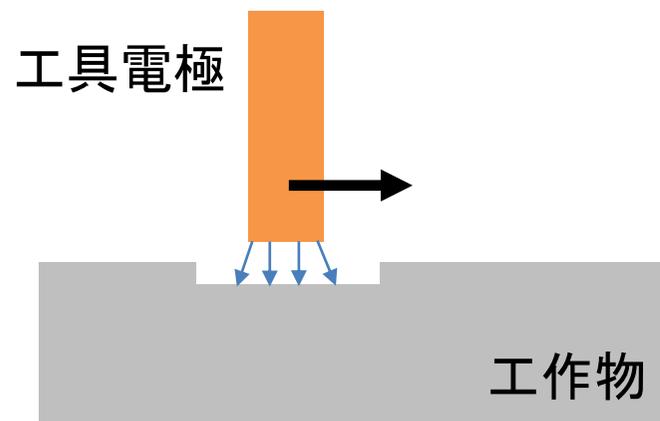


一般的な電解加工

工具を工作物に対して送り、工具の形状を工作物に転写する

電解加工の問題

- ・工具の作成が必要
- ・大容量の電源が必要



走査電解加工

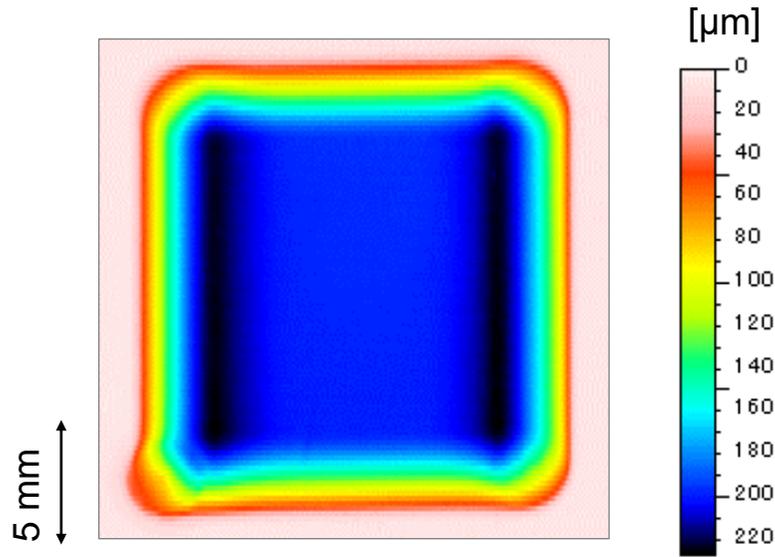
円筒などの単純形状の工具を走査して電解加工を行う

走査電解加工の利点

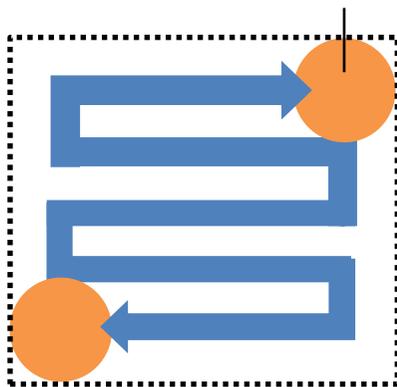
- ・工具の作成が不要
- ・柔軟な加工が可能
- ・電源の小容量化

走査電解加工例

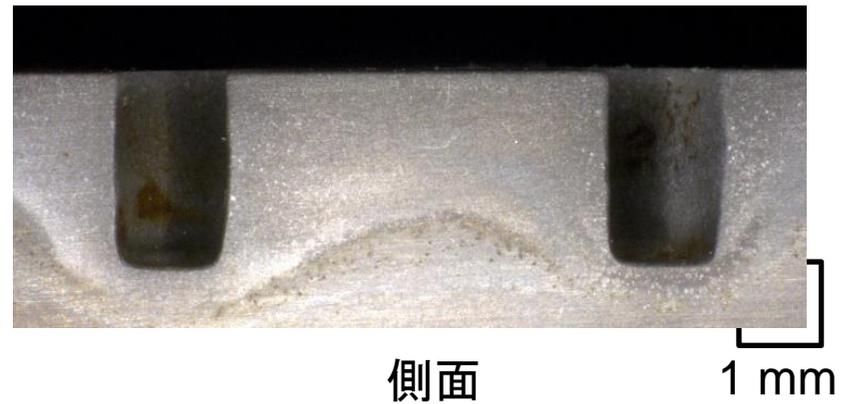
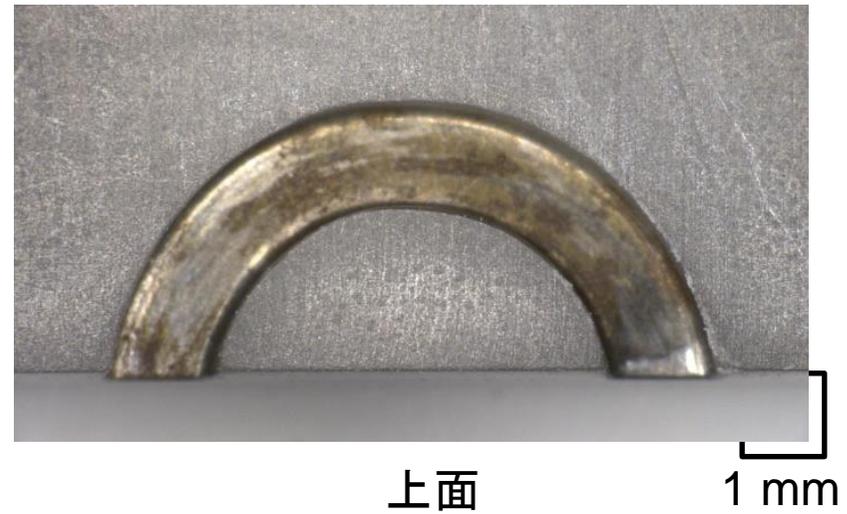
ポケット加工



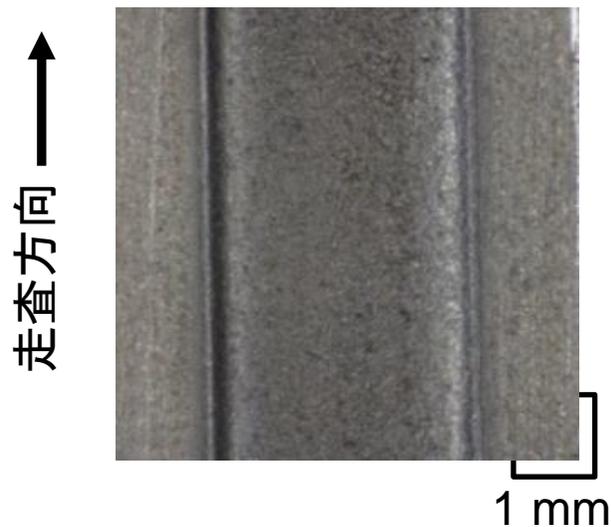
工具電極



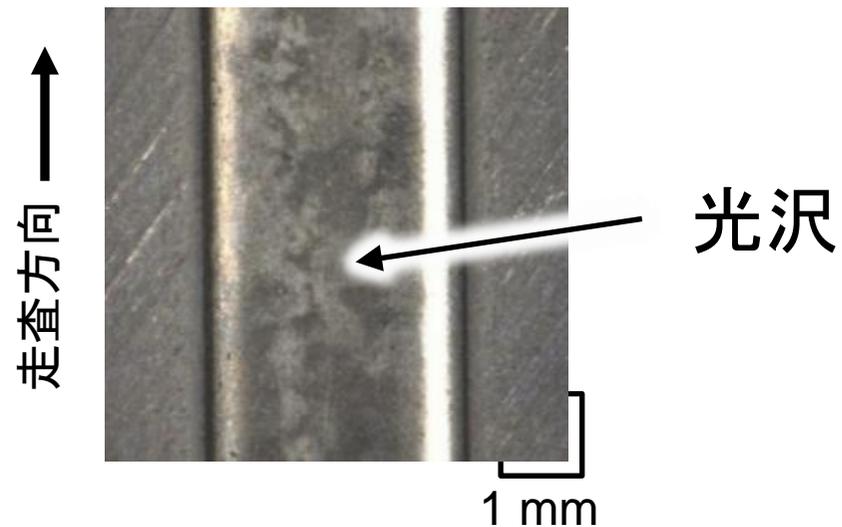
円弧溝加工 (溝幅1mm, 深さ2mm)



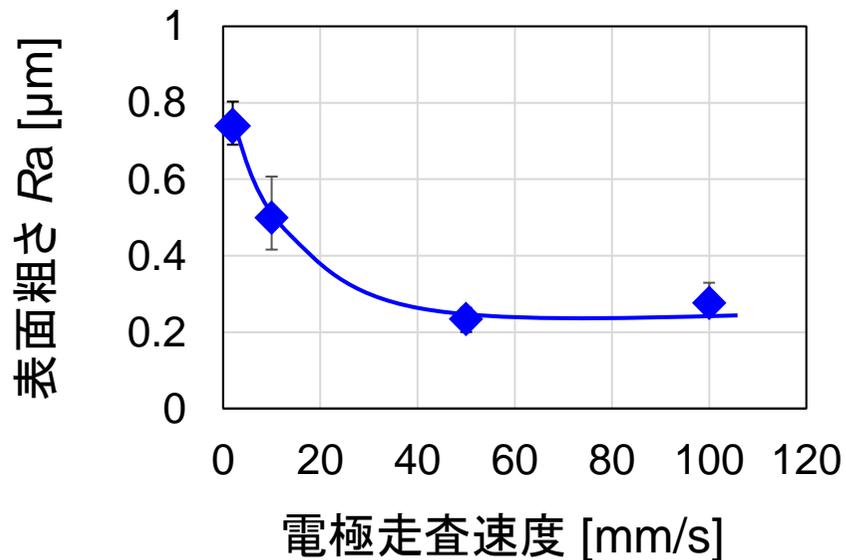
走査電解加工例



走査速度：2 mm/s

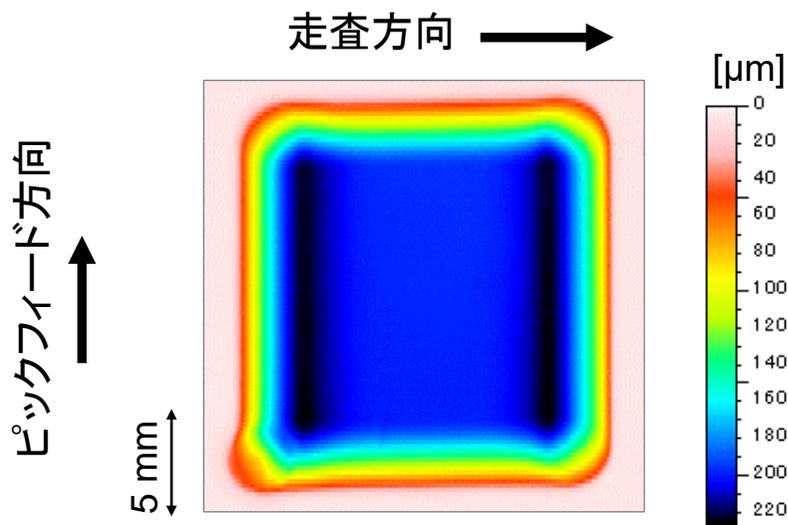


走査速度：100 mm/s

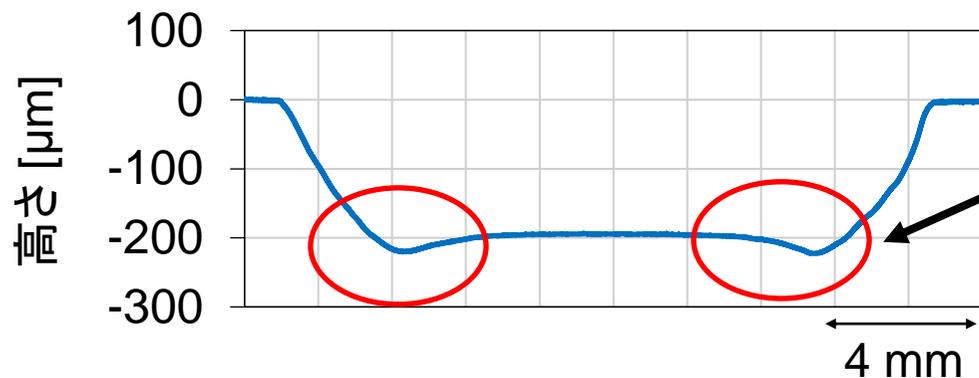
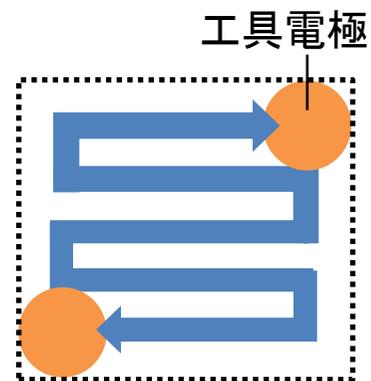


電極の高速走査により
表面粗さが良好になる

走査電解加工の問題点



ピックフィード: 0.3 mm



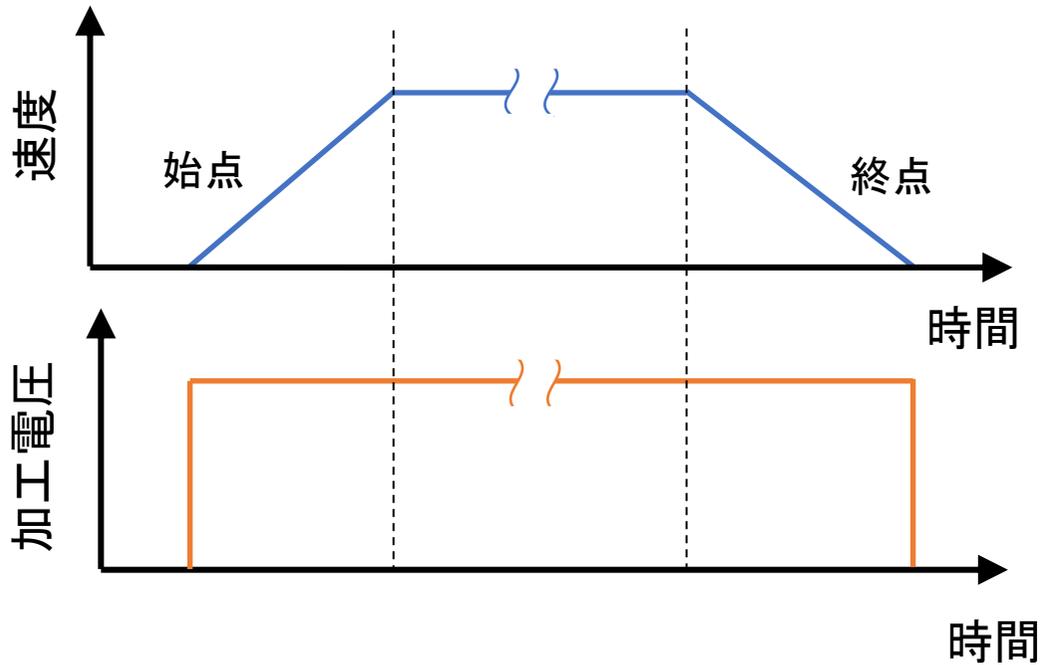
走査方向の加工形状

加減速による滞在時間の増加の影響で加工深さが増加



新技術:
速度に応じた印可電圧制御

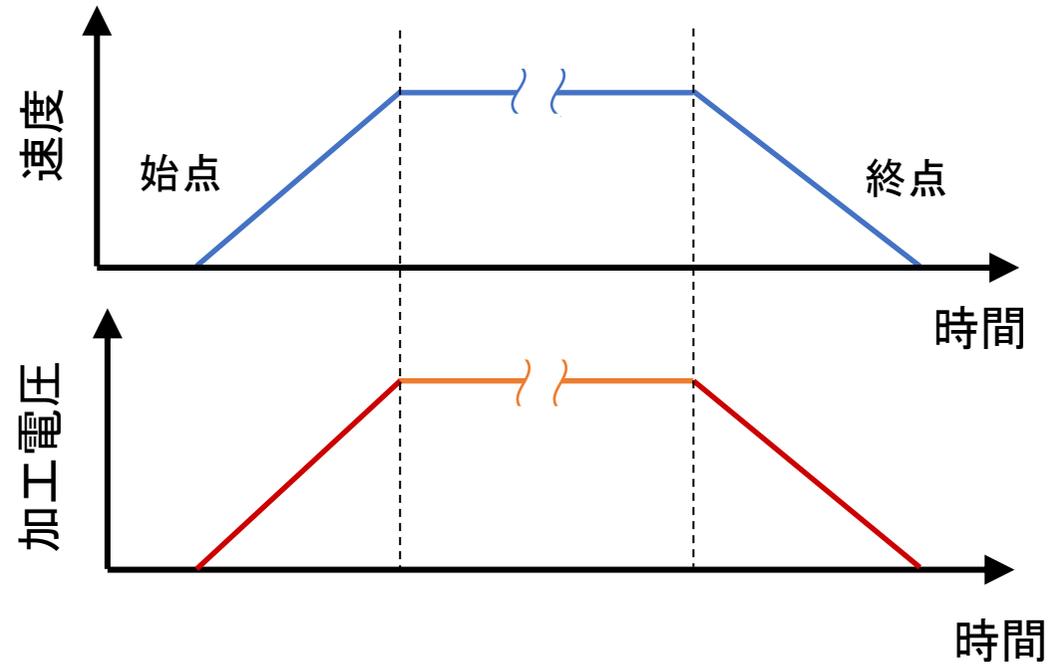
従来技術とその問題点



走査電解加工の問題点:

移動の始点と終点付近で加減速

→移動速度が遅い範囲で電圧を印加し続けるため、加工深さが増加してしまう



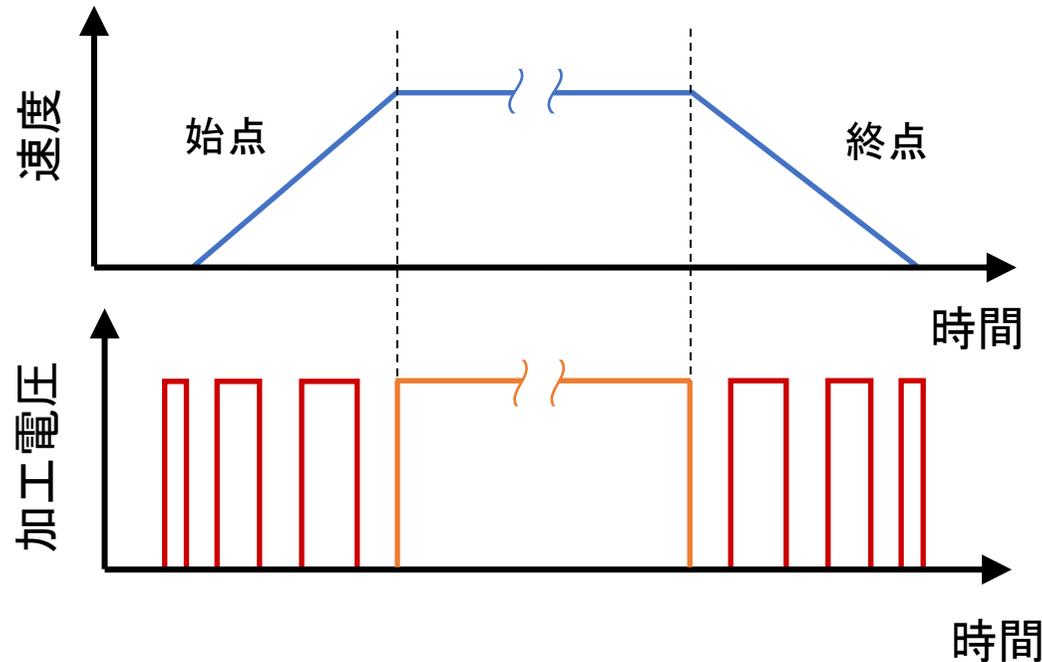
従来技術: 特開平10-04394,
電解加工による仕上げ加工方法

移動速度に比例した電流(電圧)を印加する

従来技術の問題点

電流密度が低下し、表面粗さが悪化

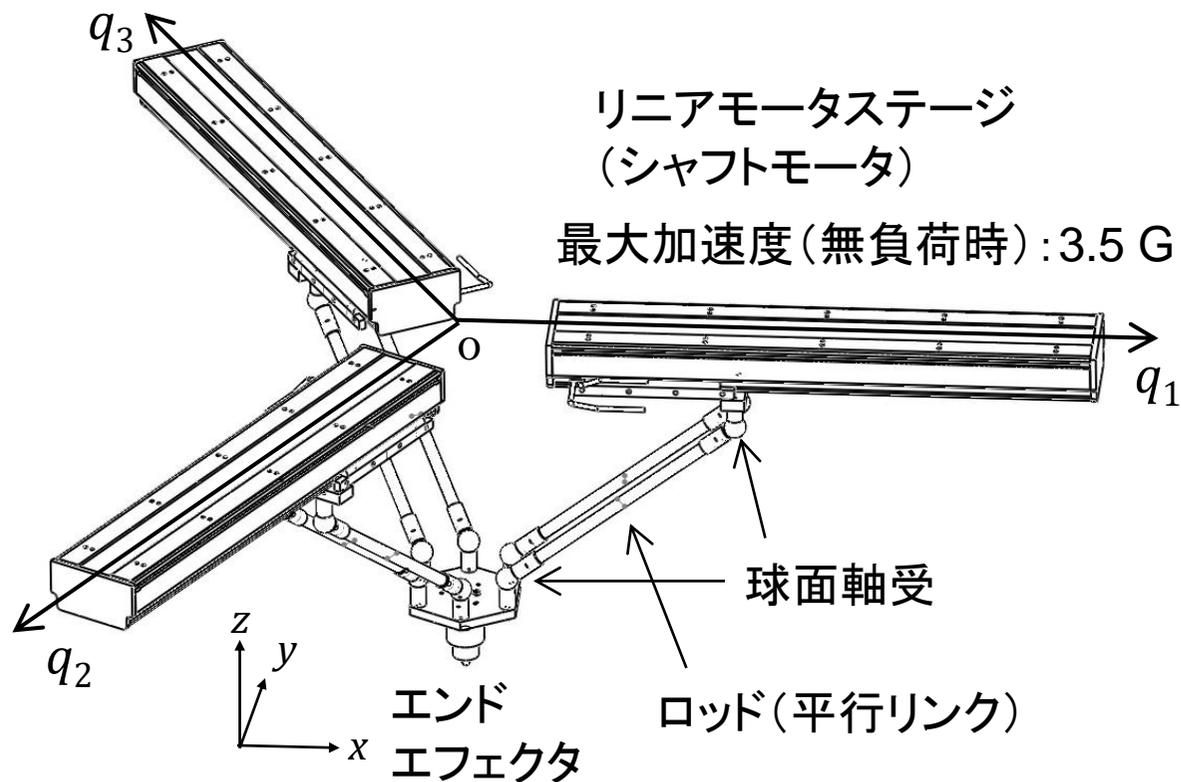
新技術の特徴



加工電圧をパルス化し，走査速度に応じてそのパルス幅を変化させる

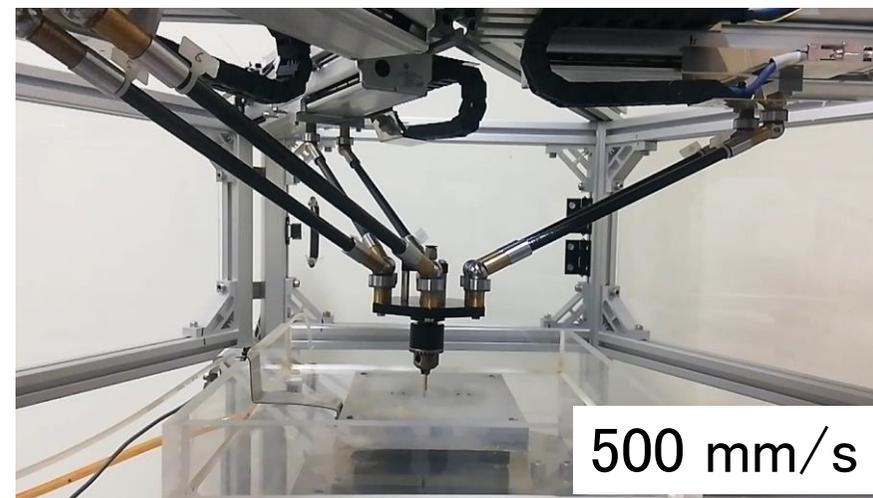
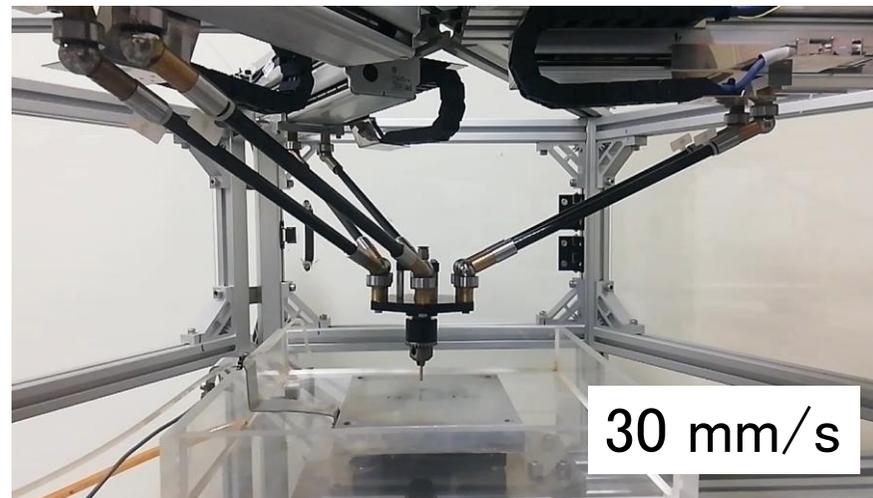
電流密度が低下せず，良好な加工精度と表面粗さが同時に得られる

走査電解加工の装置

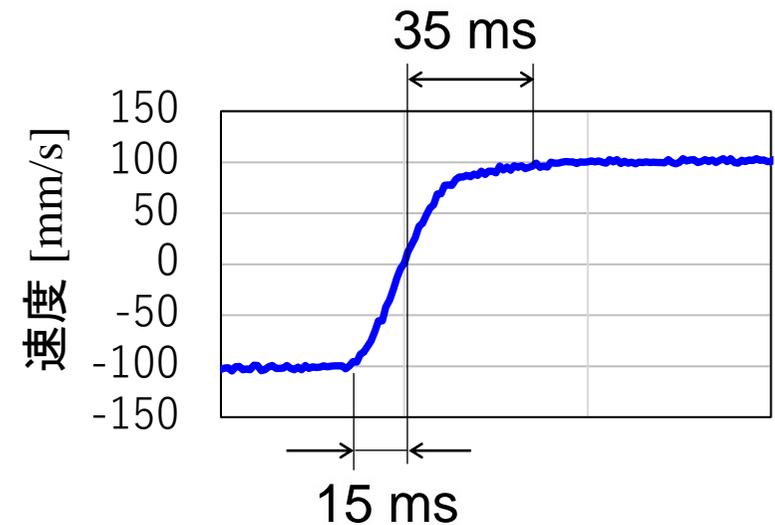
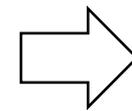
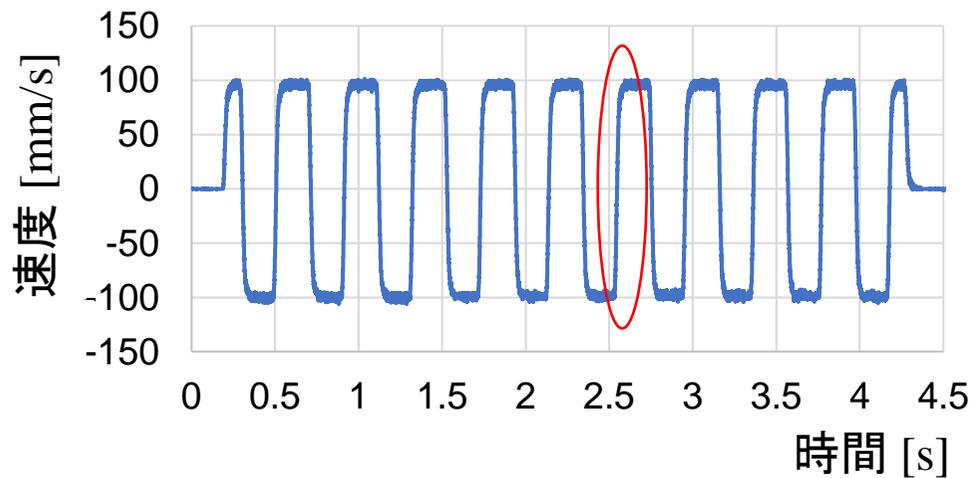
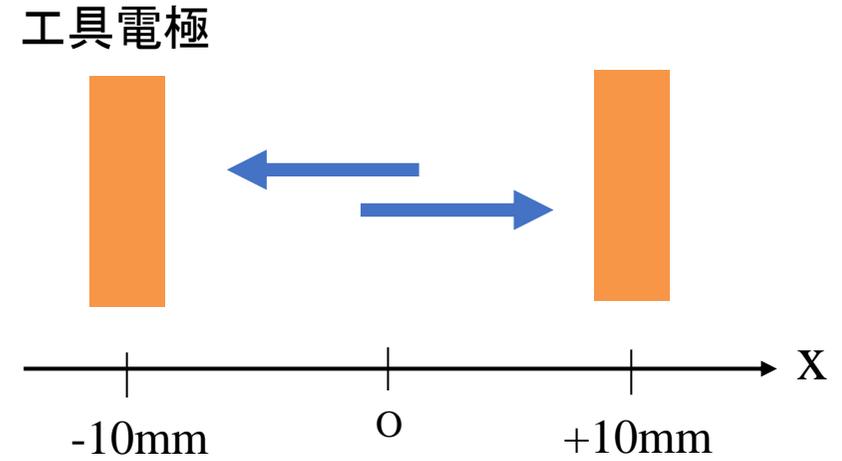
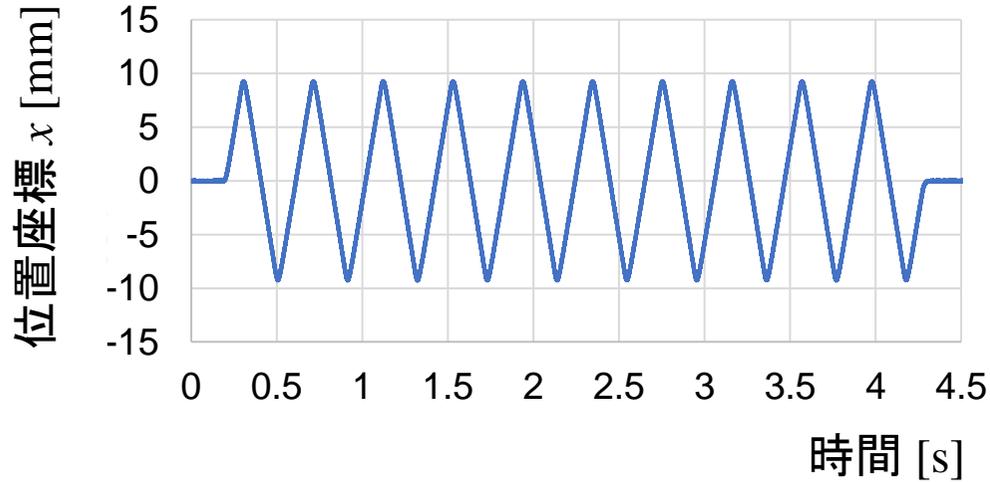


3自由度平行メカニズム

アクチュエータの座標 q_1 , q_2 , q_3 により
エンドエフェクタのX, Y, Z座標が決まる



加減速時の速度変化



100mm/sからの減速に15ms, 加速に35msを要している

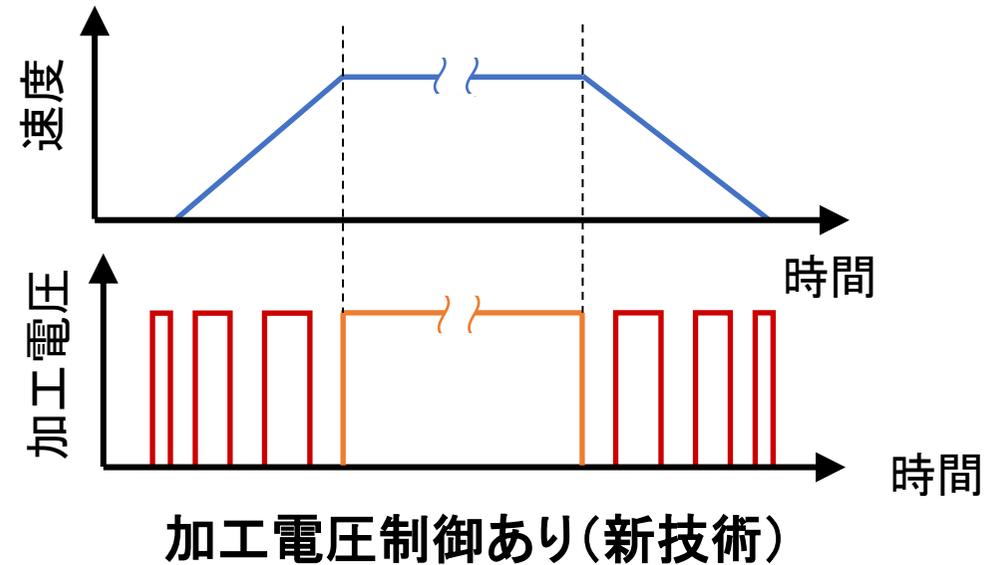
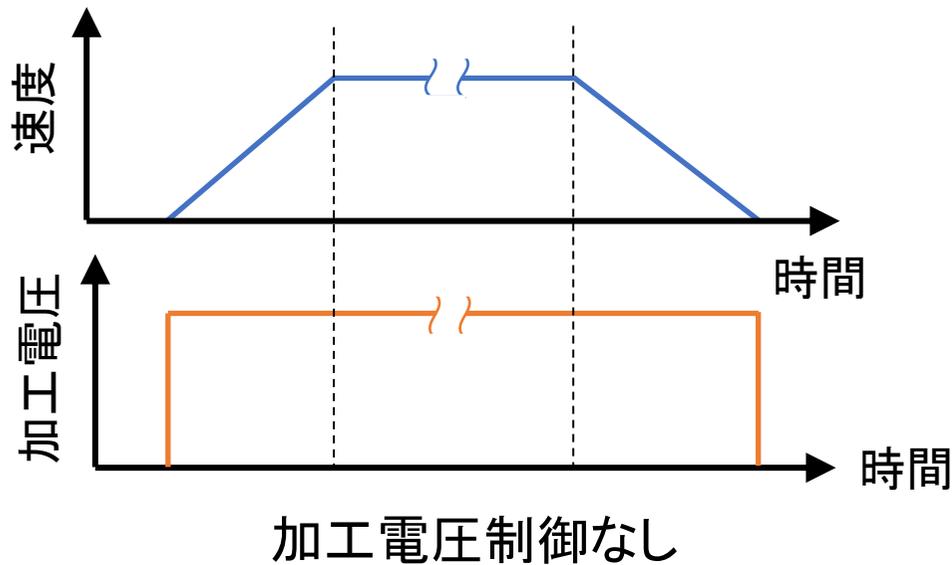
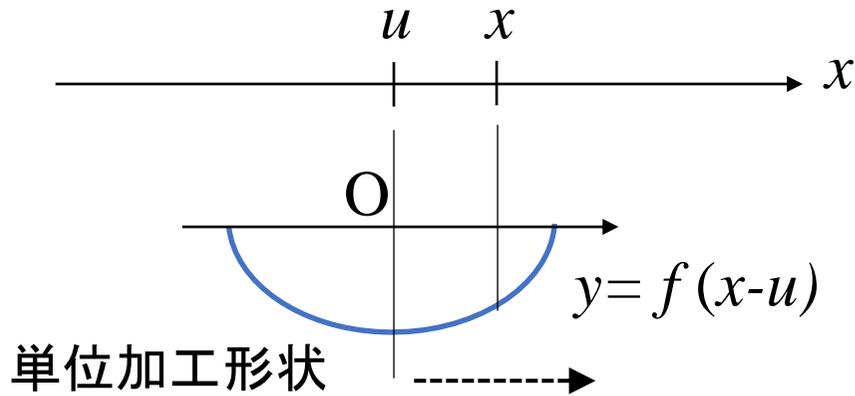
加工電圧制御(新技術)

移動している場合の x 点における微小加工量 $dh(x)$

$$dh(x) = f(x - u)dt = f(x - u) \frac{du}{V(u)}$$

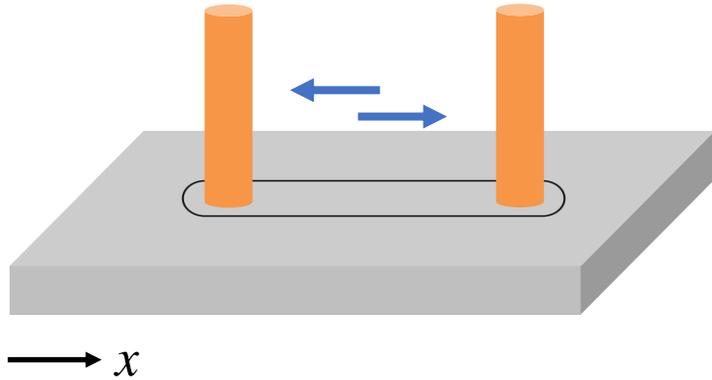
移動している場合の x 点における加工量 $h(x)$

$$h(x) = \int f(x - u) \frac{du}{V(u)} \quad \text{加工深さは速度に反比例する。}$$

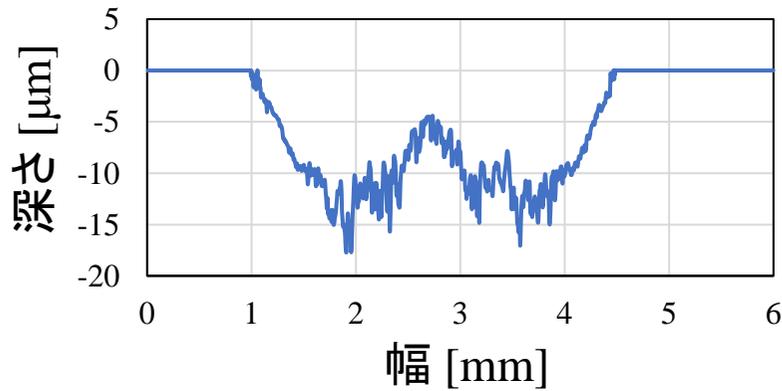


加工面のどの地点でも、電圧の印加時間をおおよそ等しくすることで、加工精度の向上を図る。

加工形状のシミュレーション

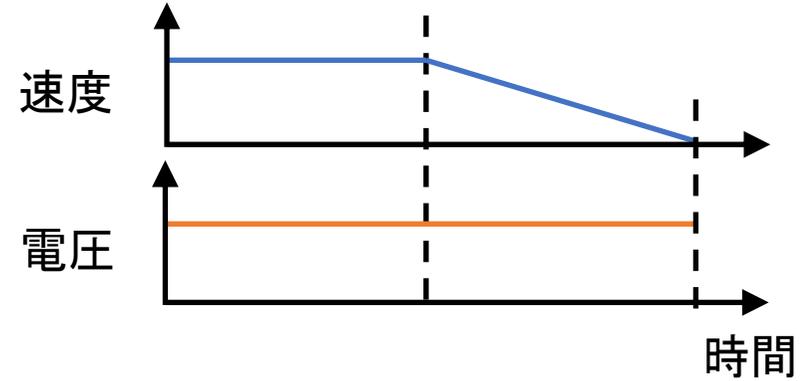


20mmの距離を100mm/sで10往復したときの
溝形状をシミュレーション

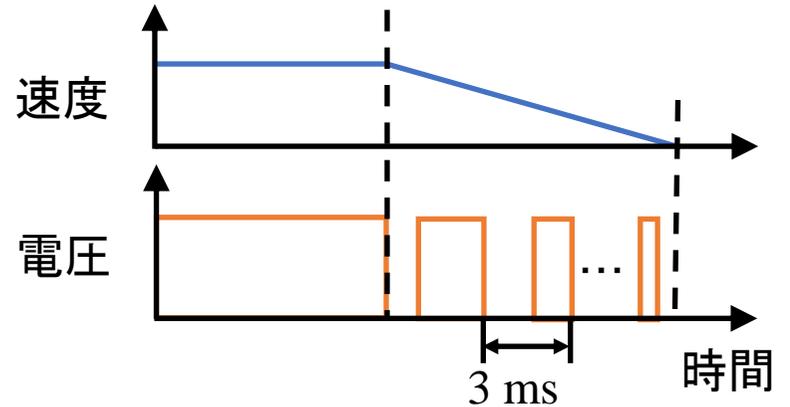


単位加工形状

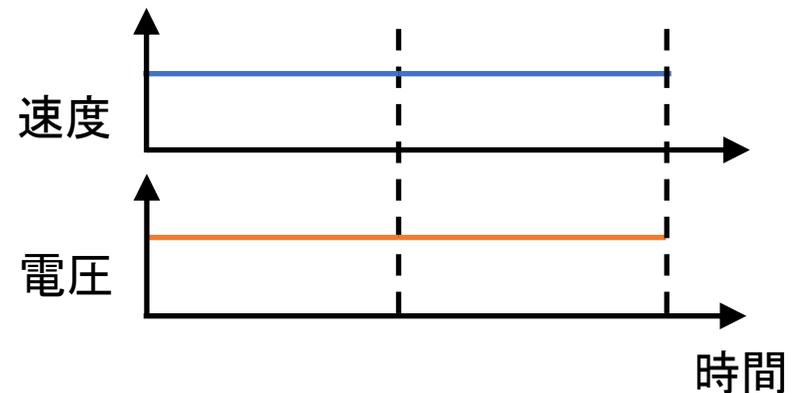
加工電圧
制御なし



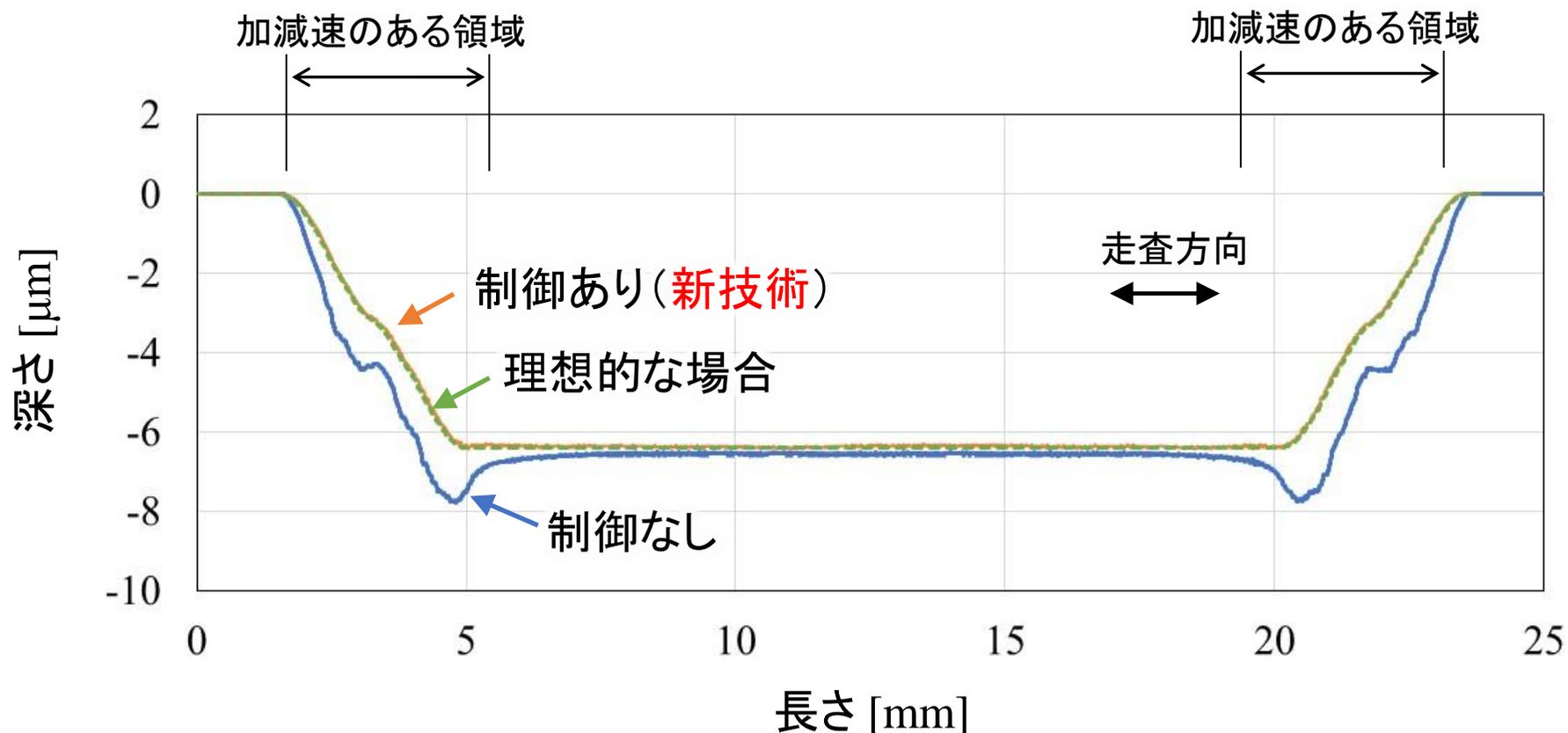
加工電圧
制御あり
(新技術)



理想的な場合
(加減速なし)

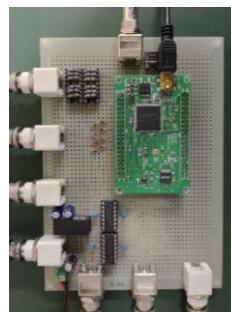
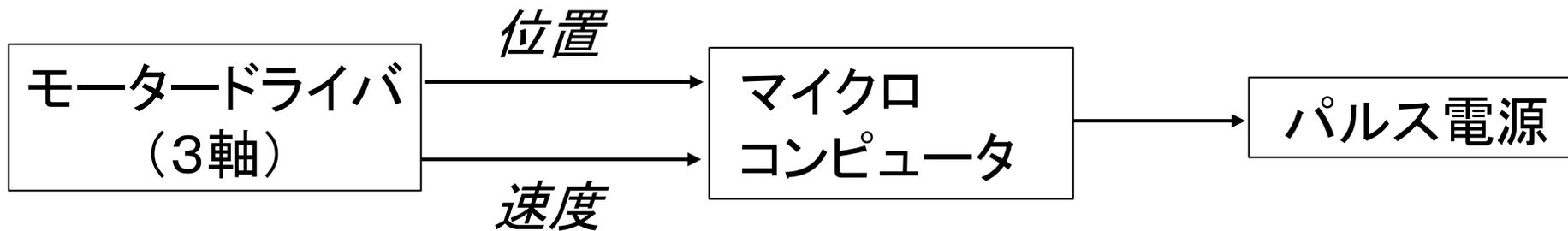


加工形状のシミュレーション

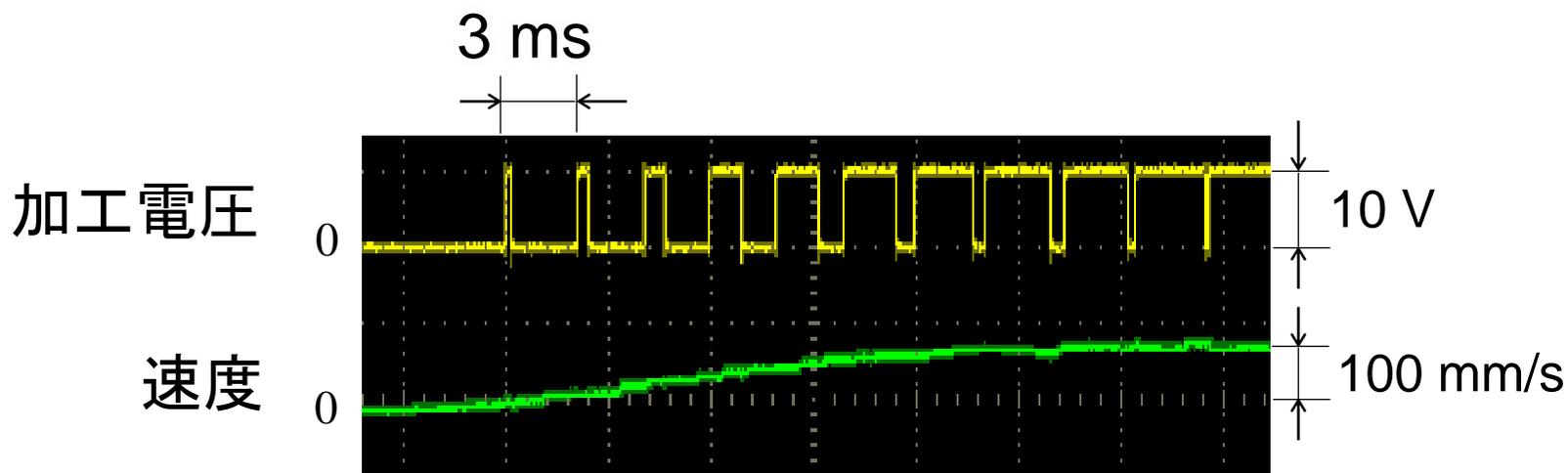


- ・加工電圧制御(新技術)により, 加減速のある領域で加工量が大きくなる問題が解消される.
- ・加工電圧制御を行った場合(新技術)では, 加減速がない理想的な場合とほぼ同一な形状が得られる

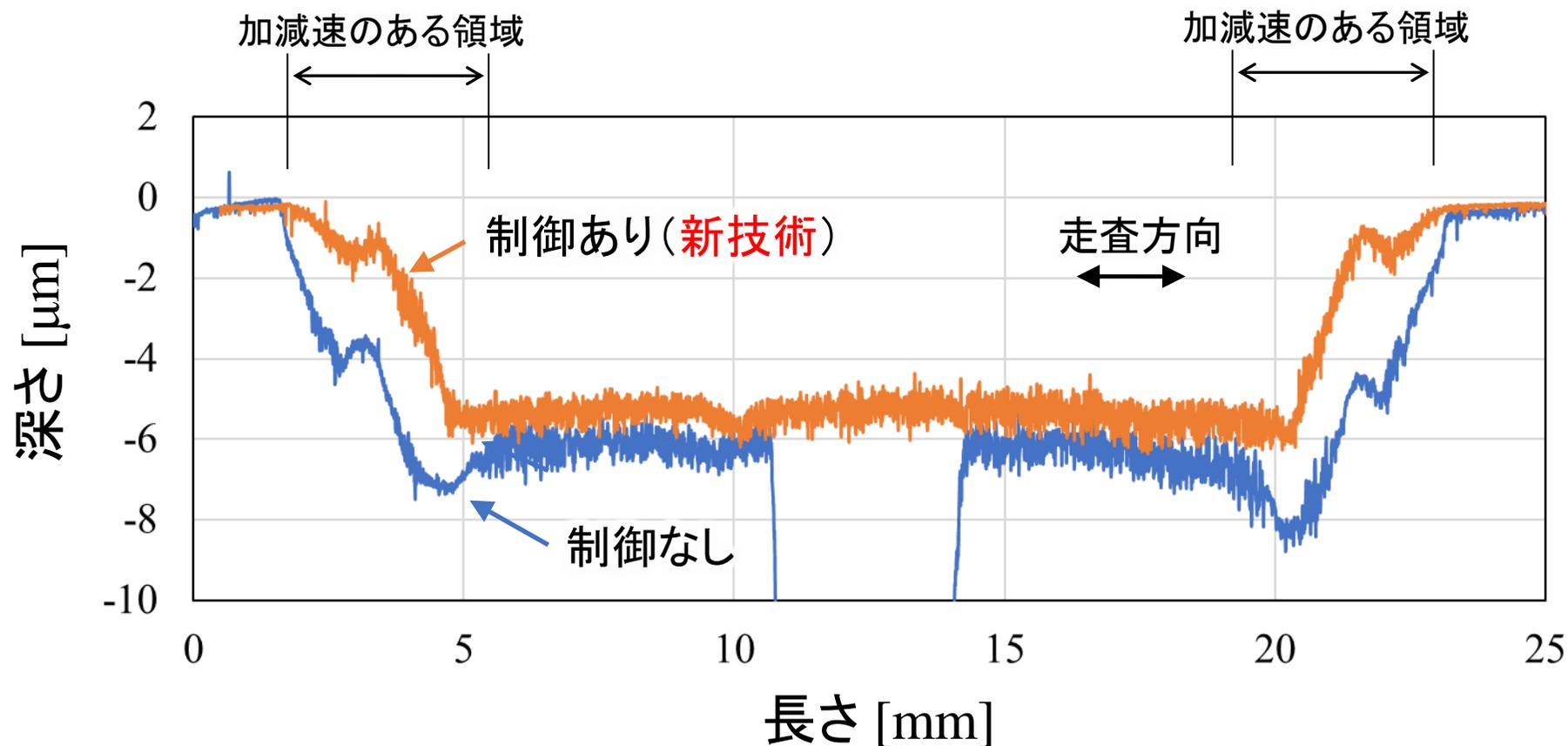
加工電圧制御装置



リアルタイムで速度情報から加工電圧を制御する

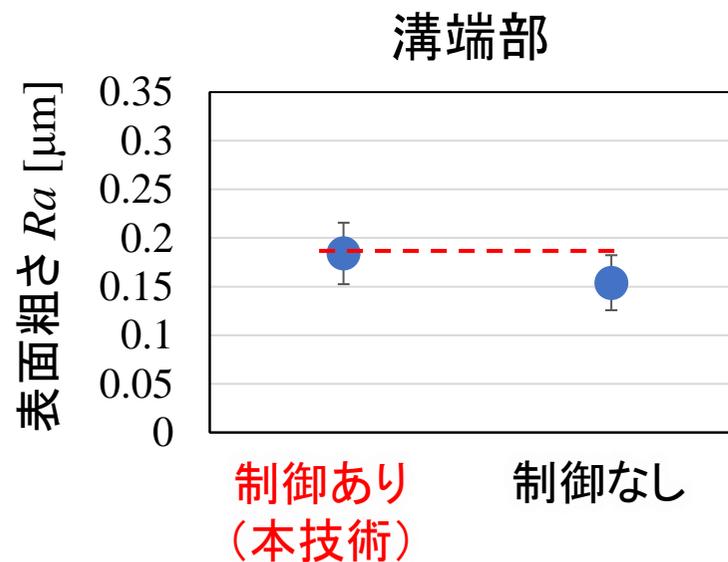
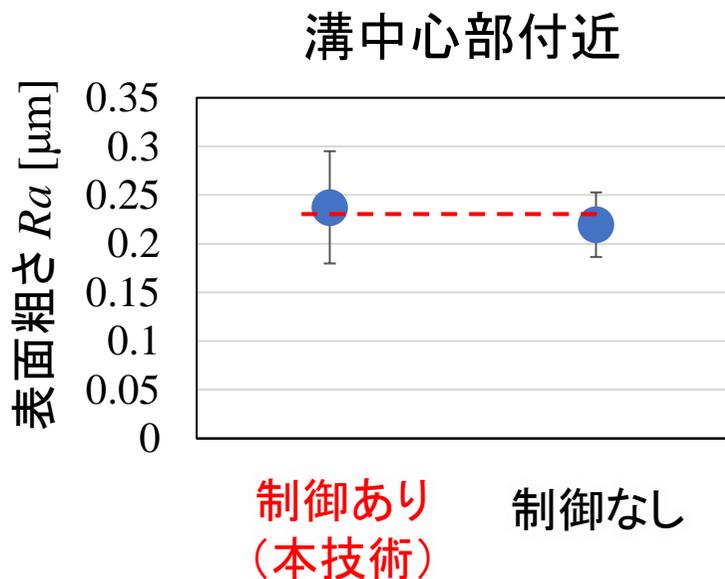
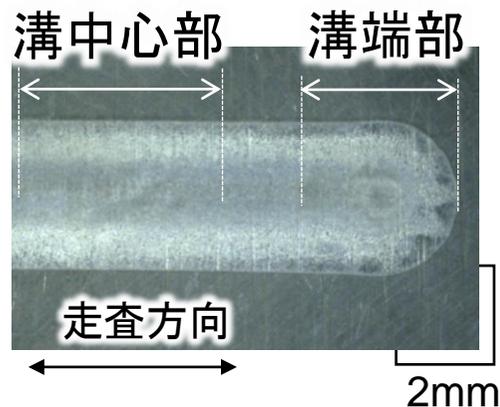


加工電圧制御による加工



シミュレーションの結果と同様に、加工電圧制御(新技術)により、加減速のある領域で加工量が大きくなる問題が解消される。

加工面の表面粗さ



新技術を用いた場合でも、表面粗さの悪化はない
→新技術により良好な加工精度と表面粗さが両立できる

想定される用途

- 加工変質層が生じないので、他の加工方法では残留応力等により変形しやすい薄物などの製品形状にも適用が可能。加工範囲が広くても適用できる。
- 切削加工などが困難な小径の工具による微細形状の加工
- 切削加工などが困難な高アスペクトの溝加工

例：マイクロ流路，微細金型，医療用製品...

実用化に向けた課題

- 目標とする加工形状を得るためには、工具の移動経路を算出する必要があるため、この技術の確立。
- さらなる高精度化のために、加工経路や漏洩電流が加工精度へ与える影響を検討する必要。

企業への期待

- 走査電解加工は加工変質層の発生がなく、変形しやすい製品に対しても適用が可能である。 また、微細な工具も使用可能であることや、高アスペクト比の加工が可能といった他の加工法にはない特徴を有する。従来の加工方法では加工が困難であった形状でも、本加工法が適用できる可能性があればお声がけいただきたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電解加工方法
- 出願番号 : 特願2022-028498
- 出願人 : 国立大学法人金沢大学
- 発明者 : 小谷野 智広

お問い合わせ先

金沢大学ティ・エル・オー

| | |
|--------|--|
| TEL | 076-264-6115 |
| FAX | 076-234-4018 |
| e-mail | info@kutlo.co.jp |