

マイクロマンipュレータシステムの開発

- 電子顕微鏡下における作業について -

石川 友彦*

1. 緒言

微小な世界における作業は、一般にマイクロメータの先端に取り付けた針などの工具を用いて行われている。しかし直接人間が操作を行うため、再現性や精度の高い結果を得るためには、長い経験により培われた高度な技能が必要不可欠とされている。一方、工学や生物学等の分野においては、対象物の微小化に伴い、顕微鏡下で観察を行いながら作業を行う必要性が増えてきている。そのため、技能の修得に長い年月をかけることなく、一般の作業でも容易に扱うことのできるシステムの開発が求められている。

本報告では、技能が未熟であっても操作者の意図したとおりに顕微鏡下で作業を行うことができる開発中のマイクロマンipュレータシステムの概要とそのシステムを用いた作業例について述べる。

2. システムの概要

本研究においては、技能的に未熟な操作者が倍率を意識することなく意図したとおりに目的の作業を行うことができることを基本として、システムの開発を進めている。本システムは、3つのモジュールから構成されている。電子顕微鏡(SEM)内の試料に対し直接観察・作業を行う「動作機構部」、SEMからの画像を見ながら操作を行う「マン・マシン・インタフェース部」、画像処理・動作制御を行う「制御部」からなる。動作機構部はさらに、作業を行う双腕型マンipュレータ、試料とマンipュレータとの相対位置を制御する任意の回転中心を持つ回転テーブル、試料を載せ制御可能な試料テーブルの3つのユニットにて構成される。

全体のシステムの構成を示したFig.1をもとに情報の流れを説明する。顕微鏡から得られた像は、まず画像処理装置に取り込まれる。取り込まれた画像情報は各種処

理を施され、制御のために必要とされる制御情報を得る。得られた制御情報と操作者から与えられた操作情報とを融合することにより、顕微鏡下のマンipュレータシステムの操作を行うための新たな制御情報を得る。その新たな制御情報を基に双腕マンipュレータや試料テーブルの制御を行うというシステムである。

次に各モジュールの説明を行う。

2-1. 動作機構部

動作機構部の詳細をFig.2に示す。マンipュレータは双腕配置となっている。各マンipュレータとも、XYZ軸方向に動作可能なアクチュエータを3段に重ねた構造である。アクチュエータにはピエゾ素子を用い平行平板構造により素子の変位を拡大している。可動範囲はXYZ軸各方向において約200 μ mである。人間の手と同じように双腕配置をとっているが、各々の役割が異なるのが本システムの特徴である。一方の腕は、主に試料の固定もしくは簡単な移動などの作業支援を行うためのものであり、他方は把持・切断・剥離・除去・移動などの具体的な作業を担うためのものである。

また、各々のマンipュレータは任意回転中心を持つ回転テーブルに搭載され、対象物との相対位置・相対角度および作業におけるアプローチの方向の制御が可能である。テーブルの回転機構には回転用のDCモータと位置制御用の1対のローラーを用いている。ローラー対の姿勢は、ピエゾ素子と変位拡大機構により、任意に制御することができる。その際テーブルの回転中心は、駆動用ローラー対の回転方向の垂線の交点になる。試料を載せる試料テーブルは、駆動源としてDCモータを用いXYZ軸方向における直線移動およびZ軸まわりの回転が可能である。可動範囲は各軸とも ± 3 mm、回転方向においては360°である。

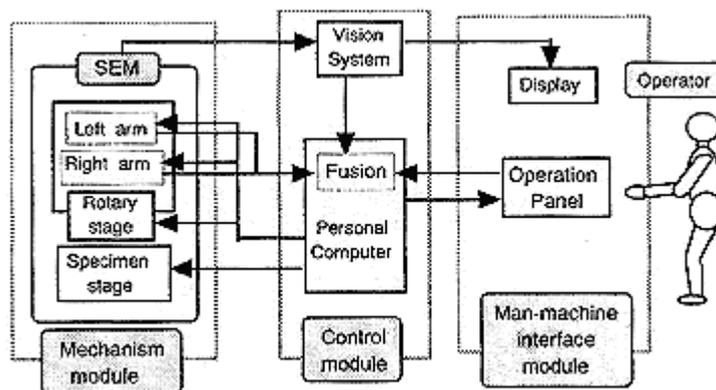


Fig.1 System diagram

2-2. マン・マシン・インタフェース部

SEM内における微小対象物に対し、外界からの遠隔操作によりマンipュレータを操る場合、視覚情報や位置に基づく情報だけではなく、力覚情報を利用することが有効

である。本システムにおいては、作業者の操作作用としてジョイスティックを用い、マンipュレータ先端部に取り付けたひずみゲージにより反力を測定し操作者側のコントローラにフィードバックすることにより、対象物との

接触の検出および対象物との作用力の大きさを把握することが可能となっている。

2-3. 制御部

制御部においては開発した画像処理を用いた任意形状の自動追従アルゴリズムを搭載している。SEMの観察倍率や観察視野の変化に対して、マニピュレータの先端が常に観察視野内に存在するように制御を行うことができる。その視覚情報に基づいたマニピュレータの移動量や速度の制御に合わせ、作業者が高能率かつ容易に作業を行うための環境を提供する。画像情報・制御情報の各処理および融合はすべてパーソナルコンピュータ上で行われる。作業者は、倍率の変化などを意識することなく、観察を行っている視覚情報の元で作業を直観的に行うことが可能である。

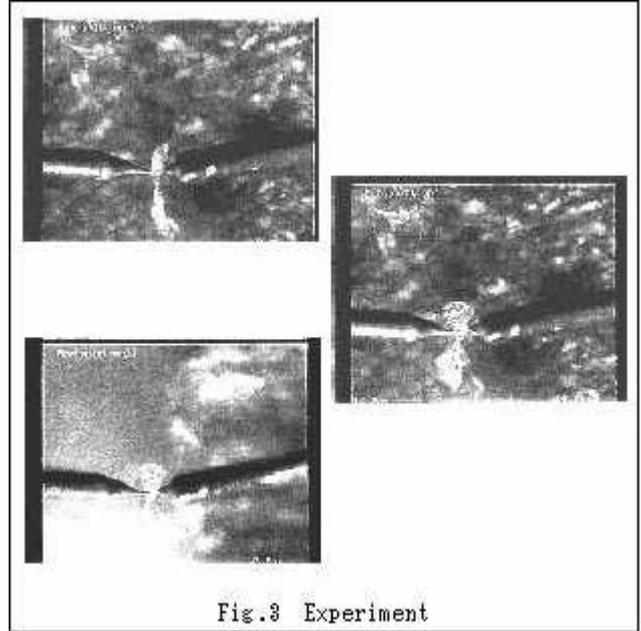
3. 実験

今回開発したシステムを用いて、試料の一部を剥がし、両腕にて移動する実験を行った。その様子をFig.3に示す。左腕で試料を押さえながら、右腕にて試料の一部を剥がしている状態である。本実験では、単に作業を行うのみならず、作業の過程をリアルタイムで観察ことができ、作業過程における状態も得ることができた点は大きな収穫であり、今後の展開を期待できる結果となった。また、左腕で押さえながら右腕で剥がすという2つの腕による協調的な役割分担も達成することができた。当初の目的である熟練度が低い作業者であっても、容易に作業を行うことが可能であることが示された。

4. 結言

開発したシステムを用いて実験を行った結果、試料の観察と剥がす・移動するという2つの作業を、同一環境

下において一元的に扱うことが可能であることが確認できたのみならず、作業の様子をリアルタイムに観察することも可能であることがわかった。これは将来、位置情報などを付加する事により、さらに再現性を上げることが可能であり、微小作業の世界における様々な可能性を広げる基盤的なものと成りうるということがわかった。



謝辞

本研究は、茨城県中小企業振興公社「産学官共同研究事業」により、茨城大学工学部・(株)三友製作所とともに進めたものである。関係諸氏に、厚くお礼申し上げます。

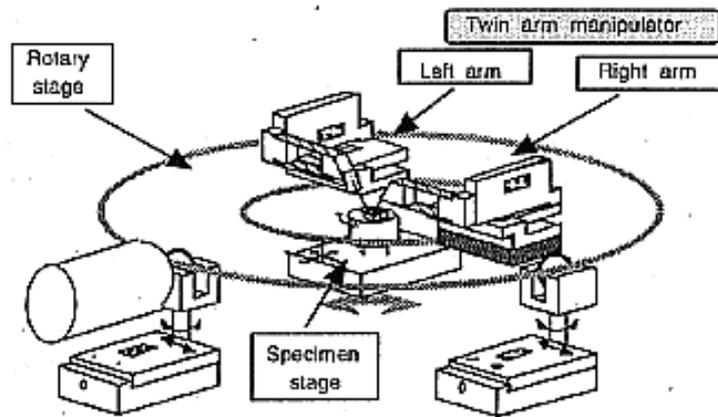


Fig.2 Mechanism module

参考文献

- 1) 石川、川上、山本、江田：視覚情報を用いた微小世界の作業におけるマニピュレータの操作性の均一化、第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集、p.p.263 - 264 (1998)
- 2) 石川、山本、川上、内田、江田：電子顕微鏡下におけるマイクロマニピュレータシステムの開発、第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集、p.p.261 - 262 (1998)

- 3) 茨城県中小企業振興公社平成9年度産学官共同研究事業「報告書」、電子顕微鏡内におけるマイクロマニピュレータシステムの開発
- 4) 石川、川上、山本、江田：電子顕微鏡下の作業におけるマニピュレータの操作性について、第41回自動制御連合講演会予稿集 (1998)