

弾性変形を利用したウルトラミクロトームの 微細送り機構

黒 羽 逸 平*

Fine Feed Mechanism for Ultra-Microtome on Elastic Deformation Principle

By Ippei Kuroha
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The remarkable success spelled by Pease and Baker in taking electron micrographs using specimens with ultra thin section of $0.1\sim 0.2$ micron has been stimulating the interested scientists to redoubled efforts for the perfection of ultramicrotomy.

In such endeavour, Newman and others tried to cut out sections using a specimen holder advanced on thermal expansion. This feeding system with smooth function proved a considerable suitability for the purpose, but the adjustment of feeding depends on the determination of cutting interval, and this is a job asking for an expert skill.

To eliminate this inconvenience the writer discarded the thermal expansion in favour of the elastic deformation as the operating factor of the feeding device, because the latter should facilitate the operation, being not restricted by the time factor.

Result obtained using the trially manufactured products in this system were measured by means of an interferometer. In 200 test operations of feeding with 0.1μ advance on the scale each time, 160 operations were performed with actual advance ranging from 0.09 to 0.12μ giving such a narrow difference as from -0.01 to $+0.02\mu$ with the rated 0.1μ .

Although there subsisted with this new device such shortcomings that the size of feeding error more or less varies with each product and the rotating angle of operating wheel is not in accurate proportion to the length of advance, these have been solved to a great measure, if not entirely, by the improvement of design, and become practically negligible.

The writer stresses that this new mechanism affords intrinsic smooth movement and, now improved in these respects and with no parts subject to wear, provides always uniform accuracy.

〔I〕 緒 言

医学界、生物学界に於ける電子顕微鏡の応用研究の分野は電子顕微鏡自体の性能の改善と共にレプリカ法、シ

* 日立製作所多賀工場

ャドウイング法等を含む試料作成法の発達によつて、急速に拡げられているが、要求は更に生体組織を切断して、そのまま観察することに向けられている。1948年 Pease 及び Baker⁽¹⁾ が $0.1\sim 0.2\mu$ の超薄切片を作成して電子顕微鏡像を撮ることに成功してから、超薄切片技

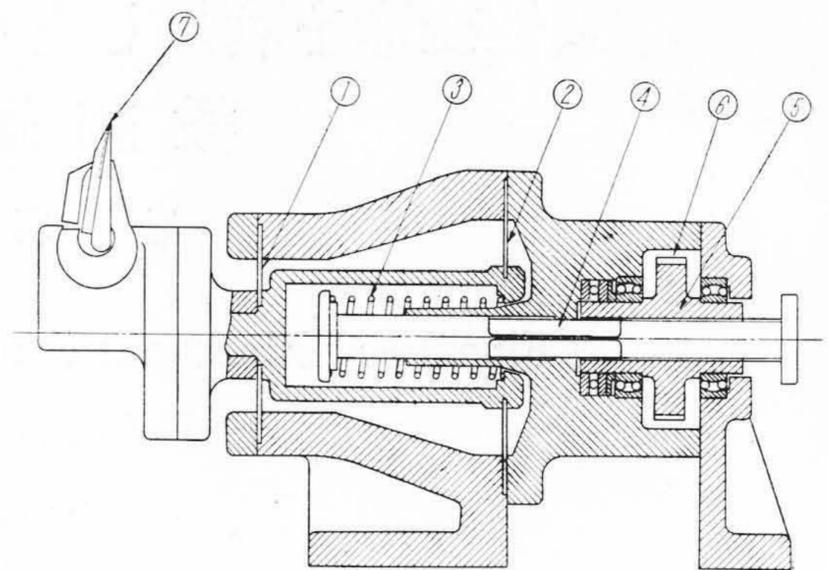
術は非常な期待と熱意とを以て研究が進められ始めた。従来から光学顕微鏡の検鏡試料を作成するために切片技術が行われているが、これは $2\sim 3\mu$ が最小限度であつて 0.3μ 以下 0.05μ を要求する電子顕微鏡の検鏡試料を作成するためには切削の操作のみならず、固定、包埋の一連の操作に再検討を加えなければならない。それ等の操作のうち切削の操作に関しては従来用いられていたマイクロームの送りを極めて微細にし、より鋭利な切削刀を用いて切削することが可能であるという多くの実証があるので、送りの極めて微細化された所謂ウルトラマイクロームを完成すべく送り機構及び切削刀に新しい研究が続けられている。

従来のマイクロームの送りは例外なくねじや傾斜面を用いた機構学的な方式であつたが、ねじや傾斜面は仕上面の粗さの限度から見て、これ等の面を基準として送つたのでは 0.1μ 内外の均一な連続送りを得ることが困難であるばかりでなく、工作精度によつて製品の精度が左右されるため、精度の均一性を欠く嫌がある。筆者はこのような欠点をなくするため仕上面の粗さに関係しない弾性変形を送りに利用する方法を考案し、その特性を調査した。

〔II〕 弾性送り機構

在来のマイクロームに用いられているねじ或は傾斜面をウルトラマイクロームの微細送りに用いるとすれば、寸法精度及び面の仕上程度を極めて高くする必要があるばかりでなく、摩擦部分は潤滑油膜の厚みの変動、摩擦係数の変動によつて送りの動作が不円滑になると共に磨耗によつて精度が低下する懸念がある。従つて摩擦部分のない送り機構が作られればこれ等の欠陥は悉く解消され極めて好都合である。

Newman 等⁽²⁾は Spencer Rotary Microtome No. 820 (米国 American Optical Company 製の光学顕微鏡用マイクローム)を利用してその送り機構の代りに試料の支持物として黄銅を用い、これを予め圧搾無水炭酸を噴出させて冷却した後、再び温度が上昇するにつれて膨脹するのを送りに用い、ある時間的間隔で切削する方法によつて成功している。亦 Eden 等⁽³⁾は支持物を予め冷却しておく代りに微弱な電熱を用いて膨脹させ、膨脹量の時間的变化を略々均一にするように改良している。熱膨脹による送りは構造が簡単で円滑な送りを得ることができるが、切削の時間的間隔が定められており、操作に不便なことが欠点である。摩擦部分のない、も一つの微動方法である、弾性変形を用いれば時間的制約がなく、随時適宜に送りを変えられるという長所があるので、送りとして更に適切であると考え、次のような弾性変形を利



第 1 図 弾性変形を利用した送り機構

Fig. 1. Feed Mechanism Using Elastic Deformation

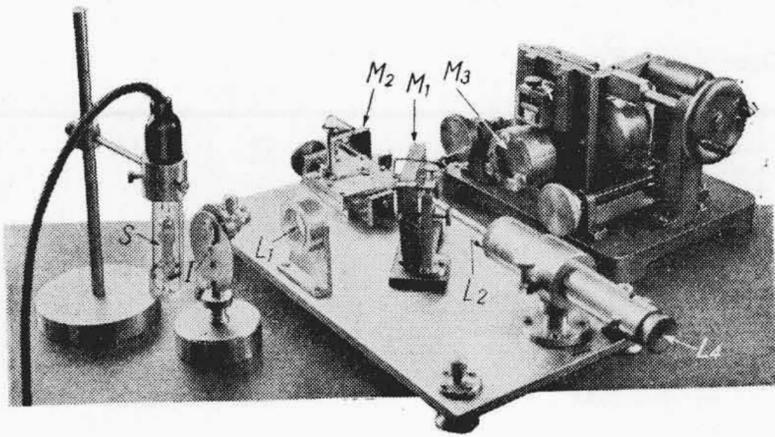
用した送り機構を試作した。

第 1 図はこの送り機構の構造を示す。弾性体として 2 枚の鋼板①②を用い、これを連絡してそれぞれ外周部を固定し、中央部に蔓巻ばね③を介して荷重を掛けた。2 枚の鋼板を用いた理由は変形が常に軸線の方に起り、ナイフ⑦が平行に移動するように考慮したものである。荷重はばねの他端をロッド④によつて圧縮して調節する。ロッドはねじ部を有し、ナット⑤を回転して引出す。従つてハンドルによつてギヤ⑥を介してナットを廻すことにより、ばねの荷重を調節して鋼板の変形量を調節することができる。鋼板 2 枚を連絡した合成体の荷重に対する撓 (以下変形率と称す) は $0.8\mu/\text{kg}$ とした。ばねは 10 kg 乃至 35 kg の範囲に調節されるから弾性体の全変形量は 20μ である。

〔III〕 送り量の測定

マイクロームの送りの精度を知るには毎回の送り量を正確に測定せねばならない。然るに送り量は 0.1μ 程度であるから、測定精度は 0.01μ 内外であることが必要で、この測定は極めて困難である。

筆者はこの目的のために特に第 3 図に示すような干渉計を製作して測定した。干渉計は光の波長を標準として測定するため、較正による誤差がないので精度が高く、又目盛の指示部分に摩擦及び慣性がないので感度が最もよい。第 2 図はこの干渉計によつてウルトラマイクロームの送り量を測定中の配置を示したものである。第 3 図で光源 S より発した光は絞り I を出て、レンズ L_1 によつて平行光線となつて半透明鏡 M_1 に至り、光線の一部は反射されて反射鏡 M_2 に、他は M_3 に分けられる。 M_2, M_3 より反射されて返つた光は再び半透明鏡に於て一つとなつて視野レンズ L_2 に向う。今 M_1 から M_2 及



第2図 ウルトラマイクローム送り測定用干渉計

Fig. 2. Interferometer for Observation of Feeding of Ultramicrotome

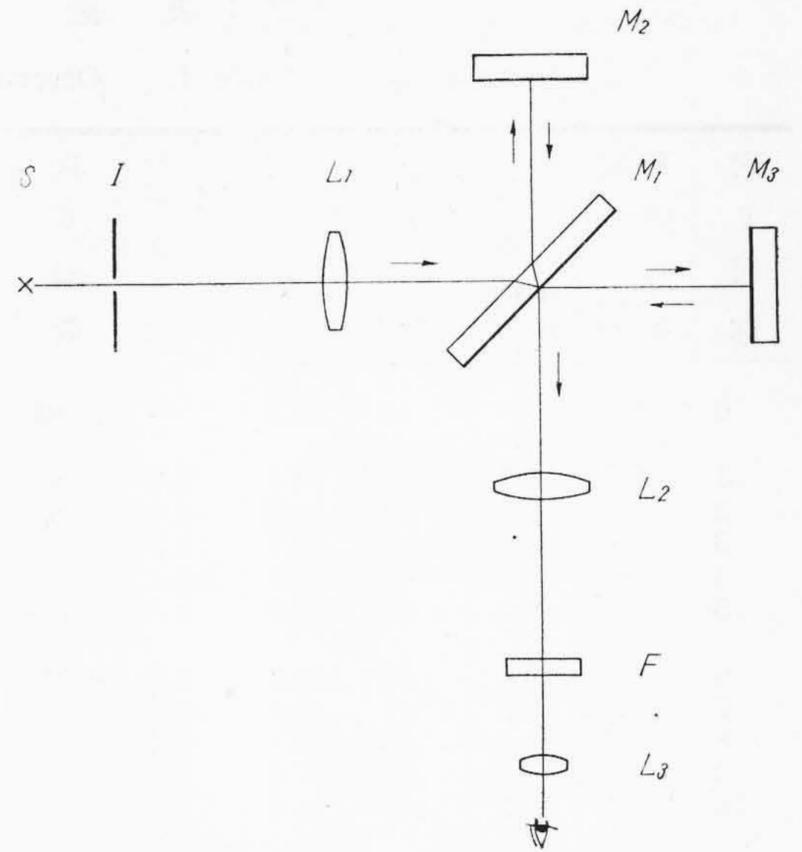
び M_3 に至る距離の差が $\frac{\lambda}{4} + (\frac{\lambda}{2} \text{の整数倍})$ (λ は光の波長) であるとすれば、光は往復して $\frac{\lambda}{2}$ の位相のずれを生ずるため、干渉して暗黒となるが、若し第4図のように M_2, M_3 が相対的に傾いており、部分的に距離の差が異なるときは干渉を生ずる部分と生じない部分とができ、明暗が交互に現われ所謂干渉縞を生ずる。第4図に於て

$$a_3 a_1 - a_2 a_1 = \frac{\lambda}{4}$$

$$b_3 b_1 - b_2 b_1 = \frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2}$$

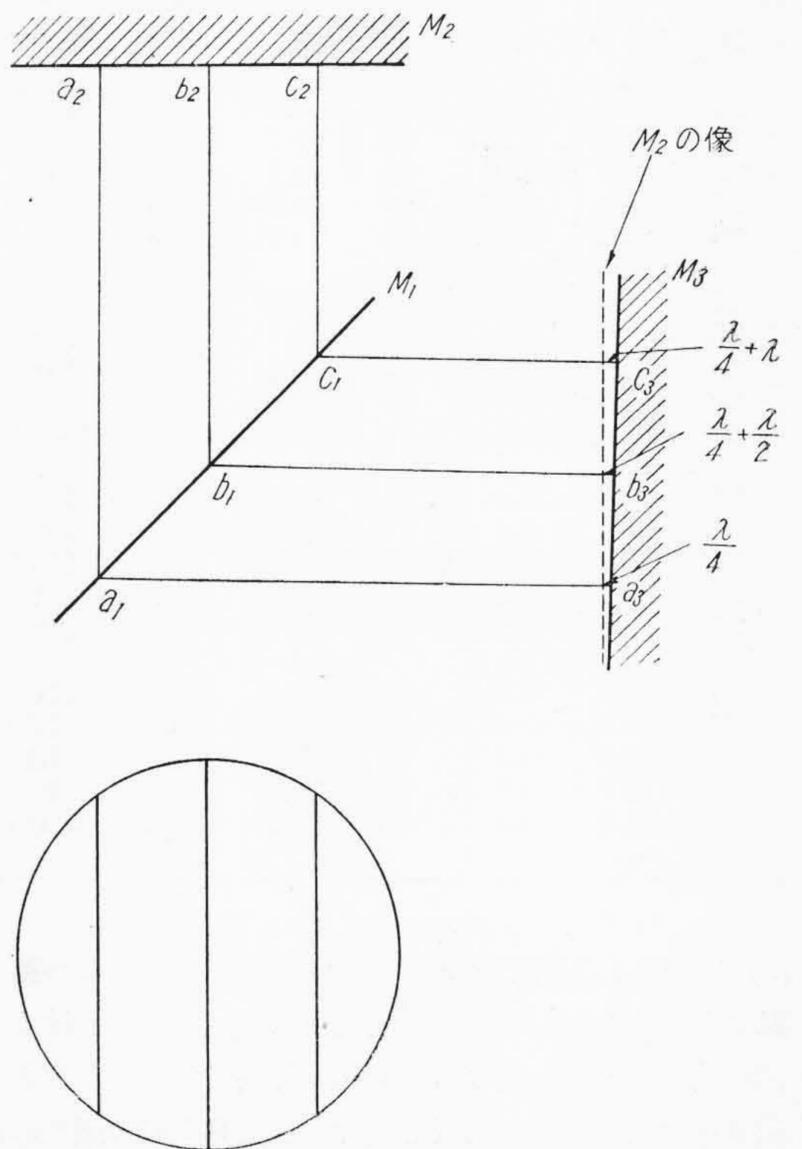
$$c_3 c_1 - c_2 c_1 = \frac{\lambda}{4} + \lambda$$

とすれば、これを望遠鏡より望むときは、これ等の点を通る光は干渉して、同図の円内に示すような縞が見られる。次に M_3 が光の方向に移動したとすると干渉を生ずる位置も変化するので、視野内の縞も移動する。即ち M_3 が $\frac{\lambda}{2}$ 移動すれば縞は1ピッチ移動する。従つて M_2 は M_1 と同一台に固定し、 M_3 をマイクロームの送り機構の先端に取付ければ M_3 の動きは望遠鏡の視野内の縞の動きによつて読み取ることができる。動きを読む基準とするためには接眼レンズ L_3 の焦点の位置に十字線を刻んだ焦点板 F を置く。光源としてナトリウムランプ(波長 5893\AA) を用いたので縞が1ピッチ動くことは M_3 が $\frac{\lambda}{2} = 0.295\mu$ 動いたことを示すことになる。実際の測定には M_3 の傾斜を調節して、視野内の縞のピッチが 10mm 程度になるようにしたので、縞の動きを $\frac{1}{10}$ ピッチまで読み取ることが容易である。実験に当つては送り機構のナットを回転する軸に設けられた目盛にならつてハンドルを 0.1μ ずつ廻して測定した。ハンドルを廻すために手を触れると器体全体が動揺し、視野内の縞は激しく振動するが、手を離せば直ちに縞は現位置に復帰する。そこでハンドルを廻して送り、縞が静止し



S 光源
I 絞リ
 L_1 コリメーターレンズ
 L_2 視野レンズ
 L_3 接眼レンズ
 M_1 半透明鏡
 M_2 表面反射鏡(固定)
 M_3 表面反射鏡(可動)

第3図 干渉計光学系統図
Fig. 3. Optical System of Interferometer



第4図 干渉縞生成の説明図
Fig. 4. Illustrative Diagram of Interference Fringes

第 1 表 送 り 量 測 定 値

Table 1. Observed Values of Feeding

送 り 回 数	変 位 し た 数	一 対 す る 送 り 回 数												
0	0	—	40	14.1	—	80	29.7	—	120	44.5	—	160	58.0	—
1	0.1	0.1	41	14.4	0.3	81	30.0	0.3	121	45.0	0.5	161	58.3	0.3
2	0.3	0.2	42	14.8	0.4	82	30.4	0.4	122	45.2	0.2	162	58.7	0.4
3	0.6	0.3	43	15.1	0.3	83	30.8	0.4	123	45.5	0.3	163	59.0	0.3
4	0.9	0.3	44	15.5	0.4	84	31.1	0.3	124	45.9	0.4	164	59.4	0.4
5	1.2	0.3	45	16.0	0.5	85	31.5	0.4	125	46.2	0.3	165	59.8	0.4
6	1.6	0.4	46	16.3	0.3	86	32.0	0.5	126	46.6	0.4	166	60.1	0.3
7	1.9	0.3	47	16.7	0.4	87	32.2	0.2	127	47.0	0.4	167	60.4	0.3
8	2.3	0.4	48	17.1	0.4	88	32.7	0.5	128	47.3	0.3	168	60.8	0.4
9	2.5	0.2	49	17.6	0.5	89	33.2	0.5	129	47.7	0.4	169	61.1	0.3
10	2.8	0.3	50	18.0	0.4	90	33.5	0.3	130	48.0	0.3	170	61.4	0.3
11	3.2	0.4	51	18.3	0.3	91	33.8	0.3	131	48.3	0.3	171	61.8	0.4
12	3.6	0.4	52	18.7	0.4	92	34.2	0.4	132	48.7	0.4	172	62.2	0.4
13	4.0	0.4	53	19.1	0.4	93	34.7	0.5	133	49.0	0.3	173	62.5	0.3
14	4.4	0.4	54	19.5	0.4	94	35.0	0.3	134	49.4	0.4	174	62.8	0.3
15	4.8	0.4	55	19.9	0.4	95	35.3	0.3	135	49.7	0.3	175	63.2	0.4
16	5.1	0.3	56	20.3	0.4	96	35.7	0.4	136	50.2	0.5	176	63.5	0.3
17	5.3	0.2	57	20.8	0.5	97	36.1	0.4	137	50.6	0.4	177	63.8	0.3
18	5.7	0.4	58	21.2	0.4	98	36.5	0.4	138	50.9	0.3	178	64.1	0.3
19	6.2	0.5	59	21.5	0.3	99	36.9	0.4	139	51.2	0.3	179	64.5	0.4
20	6.6	0.4	60	21.9	0.4	100	37.3	0.4	140	51.6	0.4	180	64.8	0.3
21	7.0	0.4	61	22.3	0.4	101	37.7	0.4	141	52.0	0.4	181	65.2	0.4
22	7.3	0.3	62	22.7	0.4	102	38.0	0.3	142	52.2	0.2	182	65.5	0.3
23	7.5	0.2	63	23.1	0.4	103	38.2	0.2	143	52.7	0.5	183	66.0	0.5
24	8.0	0.5	64	23.5	0.4	104	38.5	0.3	144	53.0	0.3	184	66.3	0.3
25	8.3	0.3	65	23.9	0.4	105	39.0	0.5	145	53.4	0.4	185	66.6	0.3
26	8.7	0.4	66	24.3	0.4	106	39.5	0.5	146	53.8	0.4	186	66.9	0.3
27	9.0	0.3	67	24.7	0.4	107	39.8	0.3	147	54.0	0.2	187	67.1	0.2
28	9.4	0.4	68	25.0	0.3	108	40.2	0.4	148	54.3	0.3	188	67.5	0.4
29	9.8	0.4	69	25.5	0.5	109	40.6	0.4	149	54.7	0.4	189	67.8	0.3
30	10.2	0.4	70	25.9	0.4	110	41.0	0.4	150	55.0	0.3	190	68.1	0.3
31	10.6	0.4	71	26.2	0.3	111	41.3	0.3	151	55.3	0.3	191	68.5	0.4
32	11.0	0.4	72	26.6	0.4	112	41.7	0.4	152	55.7	0.4	192	69.0	0.5
33	11.2	0.2	73	27.0	0.4	113	42.0	0.3	153	56.0	0.3	193	69.2	0.2
34	11.7	0.5	74	27.3	0.3	114	42.4	0.4	154	56.2	0.2	194	69.6	0.4
35	12.0	0.3	75	27.7	0.4	115	42.8	0.4	155	56.5	0.3	195	69.9	0.3
36	12.4	0.4	76	28.0	0.3	116	43.0	0.2	156	56.8	0.3	196	70.2	0.3
37	12.8	0.4	77	28.5	0.5	117	43.5	0.5	157	57.0	0.2	197	70.5	0.3
38	13.2	0.4	78	29.0	0.5	118	43.9	0.4	158	57.3	0.3	198	70.8	0.3
39	13.7	0.5	79	29.3	0.3	119	44.0	0.1	159	57.7	0.4	199	71.3	0.5
40	14.1	0.4	80	29.7	0.4	120	44.5	0.5	160	58.0	0.3	200	71.5	0.2

た後に変位した縞数を読んだ。2回測定を行つたが第1表はそのうちの1回目の測定値を示す。本表に於ける1回の送りに対する縞数に 0.295μ を乗じたものが実際の送り量を示し、この数値を集計すれば第2表の通りになる。第1回目と第2回目の測定値は変位した縞数に於て最大0.4の差異があるが、1回の送りに対する縞数の分布は比較的よく近似している。

〔IV〕 測定結果の検討

(1) 送り量の精度

第2表に見る通り、基本送り量 0.1μ で送つた場合に全送り回数のうち約80%は $0.09\sim 0.12\mu$ に送られ、残り20%も $\pm 0.08\mu$ 以内の誤差に収まり、送りとしては良好なものであると考えられる。

第2表 送り量の分布
Table 2. Distribution of Feeding Values

送り量		第1回目		第2回目	
縞数	実寸(μ)	頻度	同左(%)	頻度	同左(%)
0.1	0.03	2	1	0	0
0.2	0.06	15	7.5	14	7
0.3	0.09	71	35.5	89	44.5
0.4	0.12	88	44	69	34.5
0.5	0.15	24	12	24	12
0.6	0.18	0	0	4	2
合計		200	100	200	100

(2) ハンドル回転と送り量との比例性

送り量はハンドルによつてねじを廻して調節されるので、ハンドルの回転と送り量とが直線的に変化することが操作上便利である。そのためには先ず弾性体の応力・歪特性が直線であることが必要で、特に弾性履歴の現象を有する材料は途中で逆転することによりハンドルの回転と送り量との関連性を失い正確な送りは与えられない。今回の測定の結果は第5図に見る通りかなりよい比例性を示している。同図横軸はハンドル回転角、縦軸は送り量を意味している。

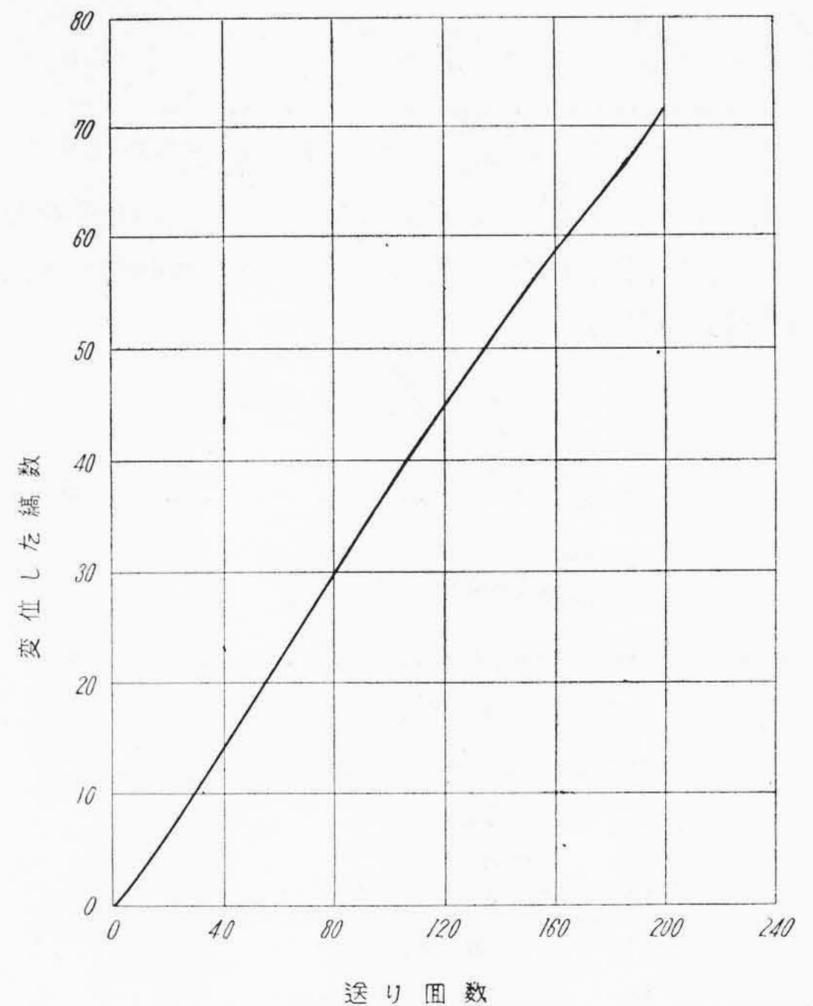
(3) 不規則な変形

弾性体の形状が不適当な場合或は荷重が不均衡な場合に、変形の方法が一直線上に起らず、彎曲を伴うことがある。この場合には、送り機構の中央部の動きとこれに取付けられたナイフの刃先の動きとが一致せず、不規則な動きをすることが多い。今回の測定によればこの構造のものではそのような現象は認められなかつた。若し彎曲が生ずれば、反射鏡 M_3 の傾斜角及び傾斜方向が変化するため干涉縞の方向及びピッチが変動する筈であるが測定に際して視野内の縞の傾斜及びピッチの変動は検出できなかつた。

[V] 製品誤差に就いて

弾性変形の動きは円滑であるため、毎回の送り量のバラツキは僅少であるが、基本送り量自体が製品によつて一定しない可能性が多い。即ちねじや傾斜面を用いる送り機構の基本送り量はねじのピッチ或は傾斜面の傾斜角によつて定まるため、甚だしい製品誤差は生じないが、弾性変形を用いた送り量は弾性体各部の寸法並びに材料力学的特性に依存するため、製品誤差の要因が極めて多い。次に第1図の送り機構に就いて送り量の製品誤差を検討して見る。

送り量とナットの回転角との関係は次式によつて示さ



第5図 弾性変形送りの特性
Fig. 5. Characteristic Curve of Elastic Deformation Feeding

れる。

$$f = \frac{d}{d_s} p \frac{\alpha}{360} \dots\dots\dots(1)$$

- f : 送り量 mm
- d : 弾性体の変形率 mm/kg
- d_s : ばねの変形率 mm/kg
- p : ねじのピッチ mm
- α : ナットの回転角度

p の製品誤差は無視できる。また d_s はばねの弾性係数、各部寸法に依存するが、こゝでは単体として取扱うものとする。誤差 Δf が極めて小さいときは(1)式から

$$\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{\partial f}{\partial d} \cdot \frac{\Delta d}{f} + \frac{\partial f}{\partial d_s} \cdot \frac{\Delta d_s}{f} = \frac{\Delta d}{d} - \frac{\Delta d_s}{d_s} \dots\dots\dots(2)$$

ここに d は2枚の鋼板を連絡した弾性体の総合変形率であるから、荷重をうける全部品の寸法、弾性係数に依存する筈であるが、2枚の鋼板の変形率に比して他の部品の変形率は極めて小さく設計してあるから、これを無視すれば

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \dots\dots\dots(3)$$

- d_1 : 鋼板①の変形率 mm/kg
- d_2 : 鋼板②の変形率 mm/kg

従つて d_1, d_2 の誤差と d の誤差との関係は

$$\frac{\Delta d}{d} \doteq \frac{\partial d}{\partial d_1} \cdot \frac{\Delta d_1}{d} + \frac{\partial d}{\partial d_2} \cdot \frac{\Delta d_2}{d}$$

$$= \frac{d_2 \Delta d_1}{(d_1+d_2)d_1} + \frac{d_1 \Delta d_2}{(d_1+d_2)d_2} \dots (4)$$

次に d_1, d_2 の誤差の要素を知るために鋼板の変形を考える。薄い円板の変形に関しては Timoshenko⁽⁴⁾ が次の一般式を与えている。

$$\phi = -\frac{dw}{dx} = -\frac{Px}{8\pi D} (2 \log x - 1)$$

$$+ \frac{C_1 x}{2} + \frac{C_2}{x} \dots (5)$$

$$w = \frac{Px^2}{8\pi D} (\log x - 1) - \frac{C_1 x^2}{4}$$

$$- C_2 \log x + C_3 \dots (6)$$

ϕ : 半径 x に於ける傾斜角
 w : 半径 x に於ける撓 mm
 P : 荷重 kg

$$D = \frac{Et^3}{12 \left(1 - \frac{1}{m^2}\right)}$$

E : 縦弾性係数 kg/mm²
 t : 円板の厚み mm
 $\frac{1}{m}$: ポアソン比

C_1, C_2, C_3 : 周辺の条件によつて定まる積分定数

円板の内外周固定の条件として(1)式に $x=a, \phi=0$; $x=b, \phi=0$, (2)式に $x=a, w=0$ を代入して C_1, C_2, C_3 を求め、 $x=b$ に於ける撓 w_b を求めれば

$$w_b = \frac{P}{8\pi D} \left\{ \frac{1}{2}(a^2 - b^2) - \frac{2a^2 b^2}{a^2 - b^2} \left(\log \frac{a}{b} \right)^2 \right\} \dots (7)$$

鋼板①②の寸法を第 6 図に示す通りにすれば、変形率はそれぞれ

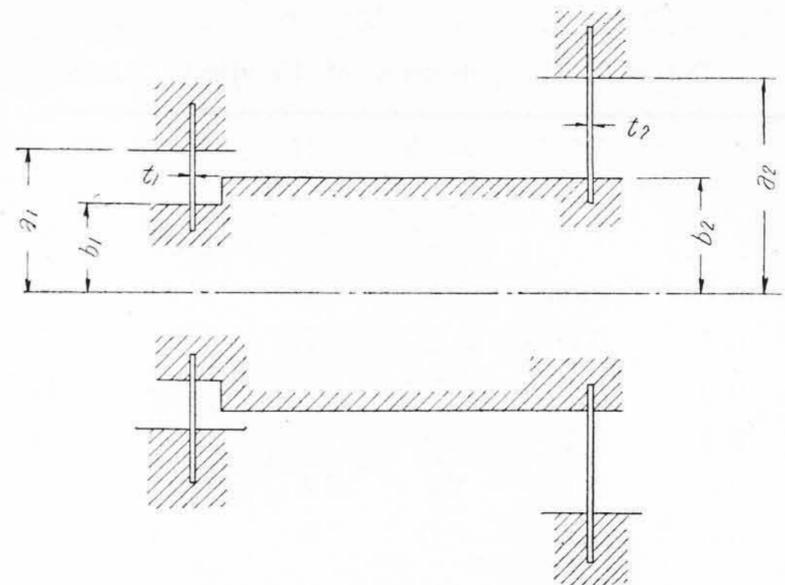
$$d_1 = \frac{3 \left(1 - \frac{1}{m_1^2}\right)}{2\pi E_1 t_1^3} \left\{ \frac{1}{2}(a_1^2 - b_1^2) - \frac{2a_1^2 b_1^2}{a_1^2 - b_1^2} \left(\log \frac{a_1}{b_1} \right)^2 \right\} \dots (8)$$

$$d_2 = \frac{3 \left(1 - \frac{1}{m_2^2}\right)}{2\pi E_2 t_2^3} \left\{ \frac{1}{2}(a_2^2 - b_2^2) - \frac{2a_2^2 b_2^2}{a_2^2 - b_2^2} \left(\log \frac{a_2}{b_2} \right)^2 \right\} \dots (9)$$

鋼板の寸法並びに材料力学的性質の製品誤差と変形率の製品誤差との関係は (8)(9) 式より

$$\frac{\Delta d_1}{d_1} \doteq \frac{\partial d_1}{\partial m_1} \cdot \frac{\Delta m_1}{d_1} + \frac{\partial d_1}{\partial E_1} \cdot \frac{\Delta E_1}{d_1}$$

$$+ \frac{\partial d_1}{\partial t_1} \cdot \frac{\Delta t_1}{d_1} + \frac{\partial d_1}{\partial a_1} \cdot \frac{\Delta a_1}{d_1} + \frac{\partial d_1}{\partial b_1} \cdot \frac{\Delta b_1}{d_1}$$



第 6 図 弾 性 体 の 寸 法
 Fig. 6. Dimensions of Elastic Bodies in Feed Mechanism

$$\frac{\Delta d_1}{d_1} \doteq \frac{2 \Delta m_1}{m_1(m_1^2 - 1)} - \frac{\Delta E_1}{E_1} - 3 \frac{\Delta t_1}{t_1}$$

$$1 - \frac{4}{\left(\frac{a_1}{b_1}\right)^2 - 1} \log \frac{a_1}{b_1} + \frac{4}{\left\{\left(\frac{a_1}{b_1}\right)^2 - 1\right\}} \left(\log \frac{a_1}{b_1} \right)^2$$

$$+ \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{b_1}{a_1}\right)^2 \right\} - \frac{2}{\left(\frac{a_1}{b_1}\right)^2 - 1} \left(\log \frac{a_1}{b_1} \right)^2$$

$$\cdot \left(\frac{\Delta a_1}{a_1} + \frac{\Delta b_1}{b_1} \right) \dots (10)$$

$$\frac{\Delta d_2}{d_2} \doteq \frac{2 \Delta m_2}{m_2(m_2^2 - 1)} - \frac{\Delta E_2}{E_2} - 3 \frac{\Delta t_2}{t_2}$$

$$1 - \frac{4}{\left(\frac{a_2}{b_2}\right)^2 - 1} \log \frac{a_2}{b_2} + \frac{4}{\left\{\left(\frac{a_2}{b_2}\right)^2 - 1\right\}} \left(\log \frac{a_2}{b_2} \right)^2$$

$$+ \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{b_2}{a_2}\right)^2 \right\} - \frac{2}{\left(\frac{a_2}{b_2}\right)^2 - 1} \left(\log \frac{a_2}{b_2} \right)^2$$

$$\cdot \left(\frac{\Delta a_2}{a_2} + \frac{\Delta b_2}{b_2} \right) \dots (11)$$

各寸法に試作品の実寸を代入し、普通の工作をした場合に生ずる誤差及び材料の性質の偏差を次のように仮定する。(誤差はすべて Δf が正の最大値となるような値に採つた)

$m_1 = m_2 = 3.3$	$\Delta m_1 = \Delta m_2 = +0.2$
$E_1 = E_2 = 20,000$	$\Delta E_1 = \Delta E_2 = -500$
$t_1 = 1$	$\Delta t_1 = -0.01$
$a_1 = 22$	$\Delta a_1 = +0.02$
$b_1 = 12$	$\Delta b_1 = -0.02$
$t_2 = 0.8$	$\Delta t_2 = -0.01$
$a_2 = 32$	$\Delta a_2 = +0.02$
$b_2 = 20$	$\Delta b_2 = -0.02$

またばねの変形率の誤差は $\frac{\Delta d_s}{d_s} \leq 0.03$ に製作すれば、(2), (4), (10), (11) 式より

$$\frac{\Delta f}{f} \doteq 0.14$$

となり、実用上は差支えがない。而して誤差は熱膨脹の場合の如く外的条件による誤差を含まないから、製品毎に補正するような構造にすることができる。

〔VI〕 結 言

電子顕微鏡の検鏡試料として超薄切片を作成するためにはマイクロームの微細送り機構のみならず、切削運動をする部分の運動経路の正確度、切削刀の鋭利度、或は又切削試片の調製法即ち固定、包埋等が重要な要素であつて、所期の超薄切片を得るためには、猶問題が多いのであるが、本文ではマイクロームの最も重要な部分と考えられる微細送りに就いて新しい方式を考案し、その性能を検討した。

弾性変形を利用した微細送り機構は従来の送り機構に比し

- (1) 送りの動きに遊びがなく円滑である。
- (2) 精度は工作精度に依存する程度が少いから、略々一定した精度のものが製られる。
- (3) 摩擦部分がないから磨耗による性能低下がない。

という長所がある。猶弾性変形の欠点と見られる送りハ

ンドルの回転と送り量との関連性或は比例性の欠除及び送り基本量の製品誤差の大なる点に就いて検討したが、何れも殆ど問題にならない程度にすることができることを知つた。以上のことから弾性変形を利用した送り機構はウルトラマイクロームの微細送りとして目的に沿つたものといふことができる。

現在引続き本機構を採用したウルトラマイクロームを製作、研究中である。

本研究の実施に当り超薄切片技術に就いて種々御教授下さつた日立製作所中央研究所土倉氏並びに試作実験に努力された桜井氏に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) D. C. Pease and R. F. Baker: Proc. Soc. Exper. Biol. and Med. **67**, 470 (1948)
- (2) S. B. Newman, E. Borysko and M. Swerdlow: J. Research, Nat. Bur. of Stand. **43**, 183 (1949)
- (3) M. Eden, A. W. Pratt and H. Kahler: Rev. Sci. Inst. **21**, 802 (1950)
- (4) Timoshenko: Strength of Materials II 498



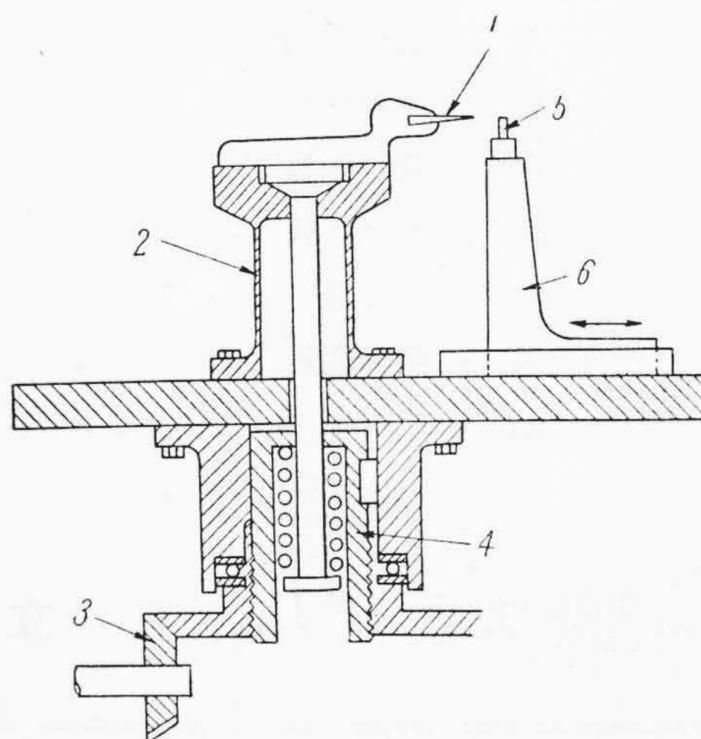
特許第197729号

黒羽逸平

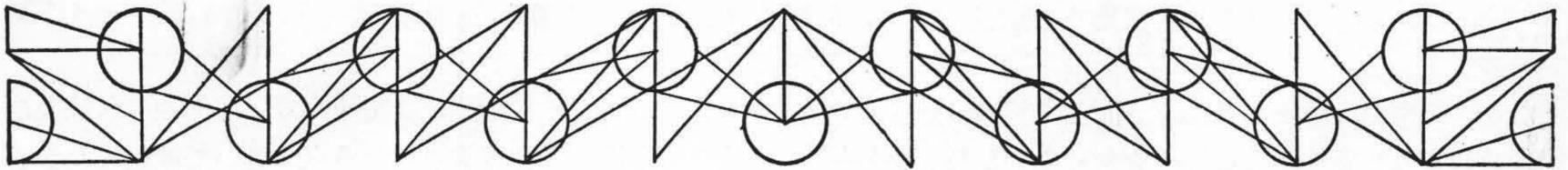
極めて薄い試料を作製するための切削装置

電子顕微鏡の検鏡試料は、厚み 0.2 乃至 0.05μ 程度のものを必要とする。このためには試料素材又は切削刃の送りを上記厚み程度に微調整できるものでないと十分でない。然るに従来の送り機構は、ねじ又は傾斜面を利用して送ることを一般としているが、ねじ又は傾斜面の精度を少くとも 0.05μ 程度にしなくてはならないのであるが、このような精度を有するねじ又は傾斜面を得ることは工作技術上至難とされている。

この発明は切削刃 1 を薄筒状の弾性体 2 の上に取付けこの弾性筒体をベベルギヤ 3 によつて回転されるねじ筒 4 を以て下方に引張つて弾性筒体 2 を変形せしめて極めて微小な送りを切削刃 1 に与えるようにしたものである。なお 5 は試料であつて台 6 に取付けられ往復動する。



(田中)



Vol. 36 日立評論 No. 1

“昭和28年度に於ける日立技術の成果”

— 新年特集増大号 —

本誌恒例の新年号は、毎年「日立評論」(総まくり号)として広く愛読者諸兄より多大の御好評を賜つていますが、1954年度の新年特集増大号(Vol. 36 No. 1)は、全巻文字通り

“昭和28年度に於ける日立技術の成果”

を日立製作所全工場、研究所の技術陣を総動員して収録、本文440頁、写真図面1,000余枚に及ぶ『日立技術年鑑』1954年度版を集成したものであります。

内容は下記目次の通り、機種分類は簡潔に、本文論文の記述は明確に、文章も平易に統一しましたが、特に本年度版の特色として、愛読者に便宜のため用途別機種索引を添付致しました。

何卒相不変御愛読と御批判を頂きたく、その発行日を御期待願います。(発行予定12月20日頃)

尚、本年度も愛読者諸兄へのサービスとして、普通号と同じく特価¥100にて頒布致します上、特に本号のみ御希望の方にも特価にて分売に応じますから、御遠慮なく前以つて御申込み下さい。

目 次

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| [I] 原 動 機 | [XIII] 運搬荷役機械及びエレベータ |
| [II] 回転電気機器 | [XIV] 建設機械 |
| [III] 静止電気機器 | [XV] 鋳山用機械 |
| [IV] 配電盤及び制御装置 | [XVI] 化学装置 |
| [V] 計器及び継電器 | [XVII] 冷房及び冷凍装置 |
| [VI] 家庭用電気機器 | [XVIII] 理化学機械 |
| [VII] 電装品及び自動車用品 | [XIX] 印刷機、製紙機及びその他の機械 |
| [VIII] 通信機器 | [XX] 鉄道車輛 |
| [IX] 電 子 管 | [XXI] 電 線 |
| [X] 照明球及び器具 | [XXII] 絶縁材料 |
| [XI] 圧縮機、送風機及びポンプ | [XXIII] 鉄鋼製品 |
| [XII] 圧延機及びロール | 附 用途別機種索引 |

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日 立 評 論 社

新年特集増大号誌代特価
1冊 ¥100 千28
(振替口座東京71824番)