

動作速度からみたアセンブリ動作の構造と時間

ID0, Masatoshi / 井戸, 正敏

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部
研究集報

(巻 / Volume)

22

(開始ページ / Start Page)

227

(終了ページ / End Page)

234

(発行年 / Year)

1986-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004025>

動作速度からみたアセンブリ動作の構造と時間

井戸正敏*

A Study on Structure and Time of Assembly Motion from a Viewpoint of the Motion Velocity

Masatoshi IDO*

Abstract

The present study examines the structure and time of assembly motion from a viewpoint of the motion velocity. Experiments were carried out the following procedure. Eighty-hundred male students served as the subject. Each subject performed 15 trial under each of 24 conditions of tolerance between objects.

The results can be summarised as follow,

Assembly motions can be divided into alignment and insention motion. The relationship between alignment time and tolerance limit is log-linear and insention time is constant. Hence, following formula is proposed,

Assembly motion time = $[10^{1.2-0.3x} + 4.8] \times 0.028$ (sec)

X is tolerance limit that is difference between diameters of pin and hole.

§1. 緒言

本研究は、簡易な既定動作時間推定法を開発することを目的とした一連の研究で、今回は、アセンブリ動作について、必要な基礎資料を得るために行った実験結果について述べる。

アセンブリ動作は、種々の要因により影響を受け、動作時間値の推定を難しくしている。PTS法においても、要因別に時間値を与え、他の動作時間値を推定するより複雑である。

したがって、簡易なPTS法を開発する場合、考慮する要因は少ない方が望ましい。

ここでは、アセンブリ動作の際の手の速度に注目して、その動作速度の特性から、アセンブリ動作の構造を調べ、構造からみたアセンブリ動作時間値の推定法を提案する。

§2. アセンブリ動作の構造と時間

アセンブリ動作は“目的物を一定の物理的關係になるように、軸、形合わせ、これらをはめ込むまでの動作である”と一般には定義¹⁾されている。要するに複数物体を組み合わせる複合動作

* 経営工学科

表1 アセンブリ動作の自由度と対応構造

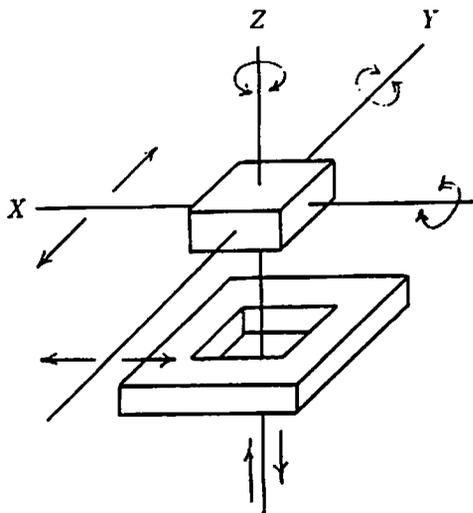


図1 アセンブリ動作モデルと自由度

自由度	WF	Motion	MTM	はめ合わせ軸	方向	速度	動作
1	軸合	微細 Move	軸合わせ	単一軸合わせ	平面	極端に遅い	軸合わせ
2	わせ						
3	直立	Turn	形合わせ	複数軸合わせ			
4							
5	索合						
6	挿入	制限付き Move	はめ合わせ	一致軸上の移動	垂直	遅い	挿入

であるといえる。

この動作の構造は、他の動作と比べ非常に複雑であるために、いろいろな構造表現³⁾がなされている。

今、図1に示すようなアセンブリ動作モデルを作り、その動作の自由度から、その構造をまとめると表1に示すように考えられる。

前後・左右の動きを自由度1,2、回転を自由度3,4、上下の動きと、その回転を5,6とすると、WFでは、自由度1,2が軸合わせ、3,4が直立、5が索合、6が挿入に対応する構造となっている。

MTMでは、1,2,3,4が軸合わせ、5が形合わせ、6がはめ合わせとなる。

Motionでみると、1,2が微細 Move、3,4および5が Turn、6は方向制限付き Move となる。

はめ合わせ軸でみると、1,2,3,4が単一軸合わせ、5が複数の軸合わせ、6が一致軸上の移動とみることができる。

動作の方向からは、1,2,3,4,5が平面、6が垂直方向の動作となる。

今回問題とした動作速度でみると組立て点での正確な定置は、数回のごく小距離の動作で調整が行われる。したがってこれらの動作は、極端に遅い動作速度となる。その後につづく挿入は、垂直動作となり、規定の深さまで押し込む動作となるので、動作速度はやや早くなる。

したがって、自由度に対応させて見ると、1,2,3,4,5が極端に遅い動作速度部分となり、6がそれよりやや速い動作速度部分となる。今回は、円筒形状物の組立を対象とするので自由度5がぬけることになる。

このように、動作速度の上からアセンブリ動作を見ると、2つの速度の異なった部分から構成される構造と見ることができる。

以上のことから、アセンブリ動作時間は、“軸合わせ”、“挿入”に要する時間を定義し、軸合

せ時間は目的物間のゆとり量に影響を受け、挿入時間は一定と考える。このことは、目的物の中心軸と孔の中心軸とが合致すれば、挿入は可能となるが、その両軸間の許容量は、ゆとり量である。アセンブリ動作では、この許容範囲内に両軸を合わせる手の制御過程が中心となる。ゆとり量はここでは孔の直径と挿入物との差を言う。許容範囲が大きければ、両者の中心軸は必ずしも一致しなくても挿入可能となるし、小さければ、中心軸の一致が要求される。

したがって軸合わせは、この過程であり、ゆとり量に手の制御の程度が係わり、その結果が時間に反映されるものと考えられる。

また、両者の軸が、挿入可能な範囲で一致すれば、その後続く“挿入”は限定された挿入距離のみが問題となり、その移動動作時間は一定と考えられる。

以上のことより動作時間は次式で推定可能と考えられ、これを実験により検討を行う。

$$T = f(x) + K \tag{1}$$

T : アセンブリ動作時間

x : ゆとり量

K : 挿入時間

§3. 実験の方法

3.1 モデル作業

真鍮製ピンを右手に持ち、座位で作業台上に置かれたプレート上の孔に挿入する単純反復作業。移動距離は、被験者前端より前方 25cm とした。

ピン径と孔径は、表2の通りである。

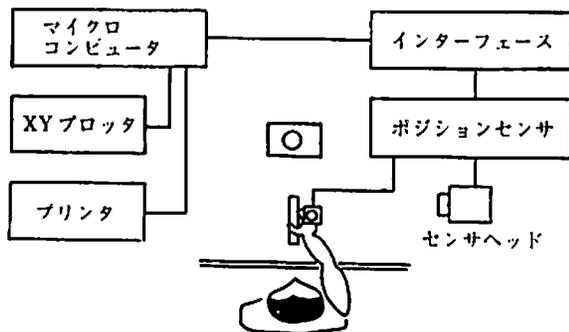


図2 動作測定器の概念図

表2 実験の条件

ピンの直径	孔の直径 (mm)								
2.0	2.1	2.2	2.3	2.4					
4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8			
6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6	6.9	7.2		
8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.8	9.2	9.6		

ピンごとに、はめ合いの大きさおよびはめ合い比が等しい組み合わせになるようにした。

3.2 測定装置

動作区分を容易にするために、動作速度が求められる「動作速度測定装置」を使用した。

この装置は、図2に示すように「光半導体位置計測装置」にマイコンシステムを接続したもので、手に装着した L・E・D ターゲットからの光をセンサーヘッドが捉えて、位置を計測する。

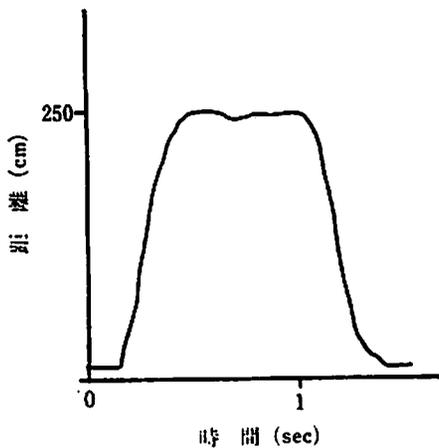


図3 動作距離と時間

位置の計測は 28ms 単位で、フロッピーに取り込み保管される。

3.3 動作の区分方法と時間の測定

図3は、移動距離と時間の関係を示した。まずピンが 25cm 移動し、その位置で移動の小さい時間の経過があり、その後手は元の位置に戻っていることがわかる。これより実験の動作距離と測定器の計測距離とが整合していることが確認された。

次に測度を動作速度にとって、時間との関係を示すと図

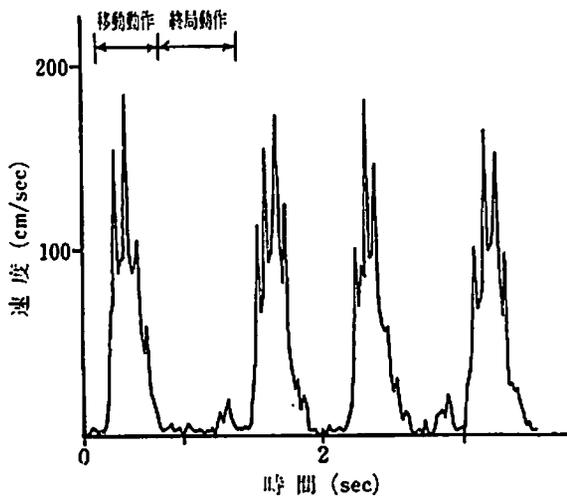


図4 動作速度と時間

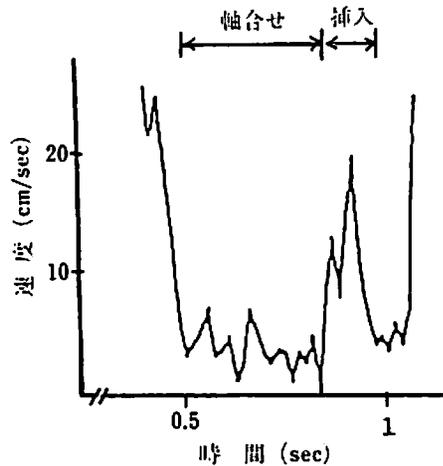


図5 拡大した動作速度と時間

4 のようになる。移動動作部分と終局動作部分が速度の違いとして確認できる。さらに終局動作部分を拡大してみると図5のようになる。組み立ての前の移動においていったん減速し、その後加速される、次の減速点から軸合わせが行われ、さらに、挿入を伴う加速と減速で終了している。このような特徴ある速度の変位点を動作の区切りとした。動作時間の測定は動作区分の位置データ個数 (1個 28ms) より求めた。

3.4 被験者と実験方法

被験者は右利き男子学生 8 名、実験に際し十分練習を行わせ、習熟による効果を配慮した。作業ペースは通常のペースとした。実験は 24 通りの作業をランダムな順序で行い、一実験終了ごとに 2~3 分間の休憩をとり疲労等による効果にも配慮した。

データの取り込み時間は 10 秒間とし、作業開始後、作業が安定したと思われる 10 サイクル目ごろから、5 サイクルを分析対象とした。作業測定では連続測定して処理するので、ここでは前述の動作区分にしたがって 5 サイクルの平均値を 1 回の実験データとし、被験者を繰り返しデータとした。

§ 4. 実験結果と考察

前述のようにアセンブリ動作に入ると、軸合わせに相当する極端に遅い動作速度の部分と、挿入に当たるやや早い速度部分が現れるが、ゆとりの条件ごとにこれを示すと6図のようになった。

ゆとりの条件が困難になると、前者の部分は延長される傾向が見られ、後者の部分は、困難な条件でも変化が見られないことがわかる。

このことは、アセンブリ動作を速度から見ると2つの速度の異なる構造を有している根拠を裏付けているものと考えられる。

4.1 軸合わせの時間

以上のような観点から得られた“軸合わせ”の時間値をゆとりに対応して図に示すとピンの大きさが異なっているも、ゆとり量が同一であれば、時間値もそれに対応して、ほぼ等しく統計的にも差がないことがわかった。

さらに、ゆとり量が大きくなるにつれて、時間値は肩減する指数曲線の傾向にあり、対数をとって図7に示すとほぼ直線的な傾向であることがわかった。

そこで、回帰分析⁹⁾を行った。結果は表3に示すように水準間の変動は有意となるが、高次の変動は、有意でない

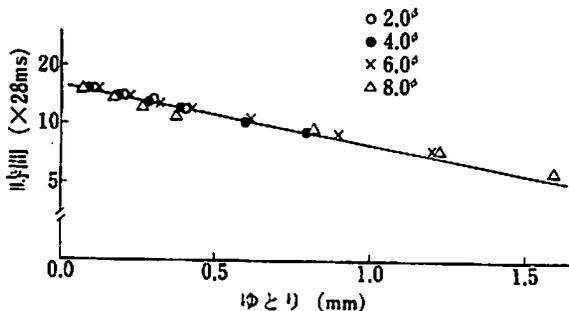


図7 ゆとり量と軸合わせの時間

その回帰式は次のように得られた。

$$\hat{Y} = 1.20 - 0.30x \quad (2)$$

4.2 挿入の時間

ゆとり量に挿入時間を対応して示すと、図8のようになった。図から明らかなように、ゆとぬ

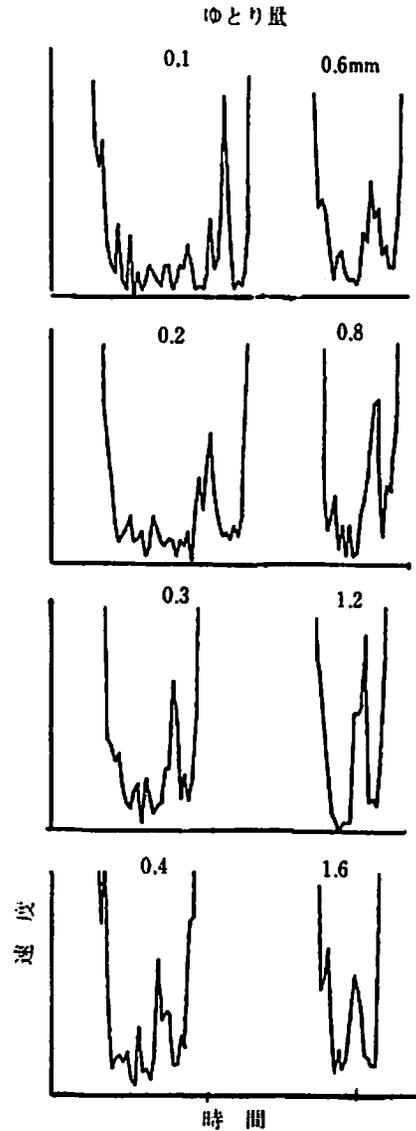


図6 ゆとり量の大きさ別速度と時間

ので、これを誤差項にプールし検定を行うと、1次の回帰が有意となりゆとり量と、軸合わせ時間値は直線関係であることが裏付けられた。

これらのことから、アセンブリ動作における“軸合わせ”時間は、目的物間のゆとり量を変数とする指数線型式で表すことができることが判明した。

表3 ゆとり量に対する軸合わせ時間の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
回帰 (一次)	2.6460	1	2.6460	
残り (高次)	0.0035	7	0.0005	0.079
水準間差	2.6495	8	0.3312	52.727**
誤差	1.1494	183	0.0063	
計	3.7989	191		

修正した分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
回帰 (一次)	2.6460	1	2.6460	433.770**
誤差	1.1529	190	0.0063	
計	3.7989	191		

	回帰係数	標準誤差	T-値
X	-0.2971	0.0089	134.3150
定数	1.1993	0.0142	20.8820

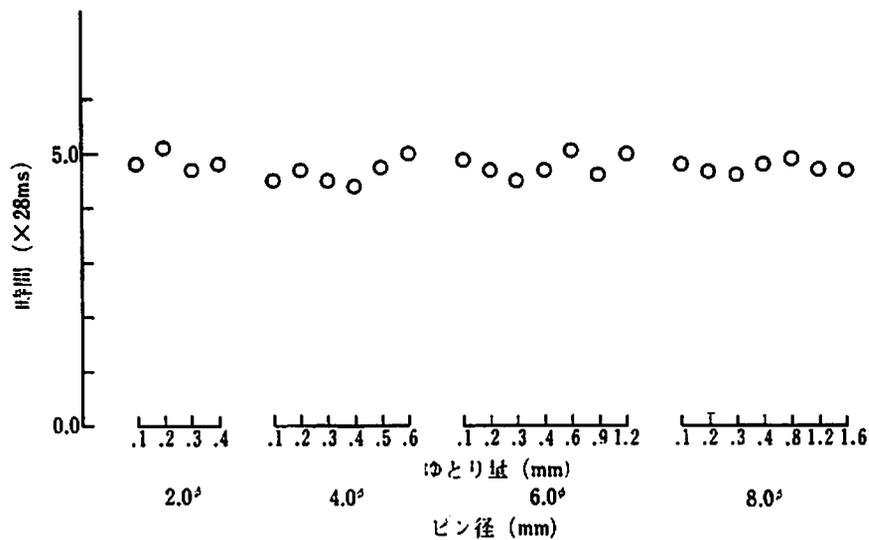


図8 ゆとり量と挿入の時間

表4 ゆとり量に対する挿入時間の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
ゆとり量 (A)	5.40	23	0.23	1.11
誤差	35.55	168	0.21	
計	40.95	191		

量に関係なく、ほぼ一定であると見られる。表4に示すように分散分析の結果からも、有意な差は認められず、挿入の時間は、必ずしもゆとり量に影響を受けているとは言い難いことがわかった。

そこで、挿入の時間は一定として差しつかえないと考えられるので、総平均時間をもって挿入時間とした。

$$K=4.8 \times 0.028 \text{ sec} \quad (3)$$

以上、ゆとり量の大きさで、組立動作時間値が推定できることがわかった。しかし、一方では挿入物の直径が手の制御に影響を与えるという見方もある。そこで、ピン径の大きさと、はめ合い比による軸合せ時間値の関係を示すと図9のようになる。これは、ピン径の大きさごと、はめ合い比が時間値に影響していることがわかる。

分散分析の結果を表5に示す。これによればピン径の大きさおよびはめ合い比が有意となり、時間値の推定には、2つの変数が必要となる。念のため、ピン径の大きさと、ゆとり量との分散分析を行った結果を表6に示す。ここではゆとり量のみ有意となった。誤差項は2つとも同程度

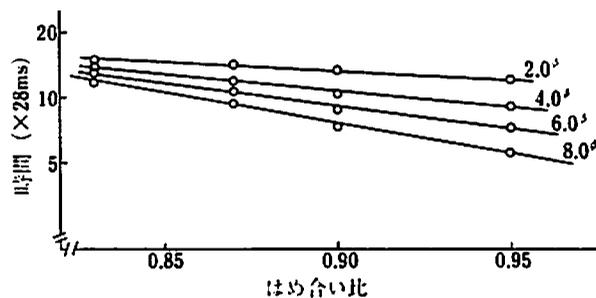


図9 ピン径ごとのはめ合い比に対する軸合わせ時間

表5 ピン径とはめ合い比に対する軸合わせ時間の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
ピン径 (A)	486.86	3	162.29	47.18**
はめ合い比 (B)	416.63	3	138.88	40.37**
A×B	29.79	9	3.31	0.96
誤差	384.89	112	3.44	
計	1,318.17	127		

表6 ピン径ゆとり量に対する軸合わせ時間の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
ピン径 (A)	5.17	3	1.72	0.49
ゆとり量 (B)	167.08	3	55.69	15.87**
A×B	2.04	9	0.23	0.06
誤差	392.67	112	3.51	
計	566.96	127		

であった。

結局、目的物の大きさと、はめ合い比が与えられればゆとり量は算出可能であるから、目的物の大きさと、はめ合い比を与えて求められた時間値を、ゆとり量を尺度として見たときに、特定の傾向が示されれば、前述の見方を含む動作時間の推定が可能であるということになる。

ここでは対数線型の関係が判明したので、軸合わせ時間推定は挿入物の直径と、孔の直径との差、すなわちゆとり量を変数とする式で推定すればよいと考えられる。

4.3 円筒形状物のアセンブリ動作時間の推定式

軸合わせ時間は式(2)によって、また挿入時間は式(3)によって求められる。このうち式(4)は対数であるから変換し、測定単位は0.028秒であるから、これを乗じて式(1)へ代入すると円筒形状のアセンブリ動作時間の推定式は式(4)となる。

$$T = (10^{\hat{Y}} + K) \times 0.028(\text{sec}) \quad (4)$$

ただし、

$$\hat{Y} = 1.2 - 0.3X$$

$$K = 4.8$$

X : ゆとり量

§5. お わ り に

小物品の組立て作業で取り扱う部品を想定し、直径2～8mmの円筒形状ピンを対象として、アセンブリ動作を動作速度の観点から検討した結果、軸合わせ時間と挿入時間に区分して捉えることができた。前者は目的物と挿入物とのゆとり量を変数とする対数線型式で推定が可能であり、後者はゆとり量に影響されることなく一定として考えてよいことが明らかとなった。両者を加えることによりアセンブリ動作時間を推定する式を提案した。

さらに、この実験で対象とした円筒形状物の組立ての範囲においては、その時間は円筒形状物体の直径の大きさに影響しないことを明かにした。

参 考 文 献

- 1) 遠藤健児・新宮哲郎・坂崎春樹・熊谷智徳：「作業測定」, 金原出版, pp.285～292, pp.322～333 (1968).
- 2) M.E. マンデル. 山内二郎監訳：「動作・時間研究の理論と実際」, 紀伊国屋書店, pp.631 (1966).
- 3) 森口繁一編：「統計的方法」, 日本規格協会, pp.208～214 (1982).