

時間研究における測定値の個人差について

大 杉 直 幹

Observation Variables in Reading Stop watches

Naomiki OSUGI

Stop watch study is the most commonly used method of measuring work in industry. While it has several advantages, it can not escape from unevitable observation variables due to the following two factors. (1) Measuring condition/environment. (2) Personal equation, i.e., reading errors by analyst.

In this study I tackled with the subject (2) under the condition where reading variables will be minimized at its best. Further, with the assumption that the reading variable is subject to individual differences of analyst in both physical and given external factors, I also selected homogeneous analysts in view of age, sex, experiences in time study, and others.

The study does not prove any other factors to influence the reading error than those I carefully avoided at the time of selecting analysts due to lack of ample samplings.

It is found that the deviations and errors by different analysts are subject to differences in judging the starting and ending of mechanized processes which comes to be much difficult yet important under the present tendency of high degree of mechanization.

Thus, this study endorsed one of the important principles that as a premise in stop watch study analysts should be thoroughly acquainted with the work to be observed.

1. まえがき

生産過程におけるFA化の進展は目覚ましいものがあり、品質の向上、コストの低減、或いは労力の節減等に及ぼす効果は今更言うまでもないことである。

然し、その基本として、作業研究は決して忽せにすることの出来ない重要性を持つものと考えられる。その際、最も重要な基本の一つとして、時間研究があり、その方法としては、甲斐¹⁾が述べているように、ストップ・ウォッチ法、ワーク・サンプリング法、PTS法および、標準時間資料法等種々の方法があるが、一般的にその手軽さと実用性から、企業において実際に多く用いられているストップ・ウォッチ法については、多くの利点があるが、一方、津村・佐久間²⁾や甲斐³⁾の述べているように、測定す

る者によって、測定値に誤差⁴⁾が出ることは止むを得ない現象である。

この誤差は、①測定方法、条件、測定環境、②測定者の個人差、即ち個人の特性、習熟度等にあると考えられる。そこで①については誤差が生ぜぬよう充分配慮し、②については、年齢、性別、経験を等しくする者を選んで実験し、なお測定誤差が生じた場合には如何なる他の要因によるかを追求した。

2. 実験内容

2・1 被験者の選択

被験者としては、年齢、性別、経験が同一とみなされる5人の学生(A, B, C, D, E)を選定した。なお、スポーツ選手は資質的に差異があると考えられたので、加えなかった。

2・2 測定方法

測定器具は、プリンター付ストップ・ウォッチを用いた。これにより、測定者による記入誤差をなくすることを考慮に入れた。

2・3 測定対象作業

測定対象作業は、自動車部品を製造している企業の協力を得て、実際作業中の現場において、機械作業と手作業とを区分して⁵⁾⁶⁾、機械作業時間を対象とし、サイクル・タイムの比較的短い5台の機械を選定した。これは、一単位の作業量を完成するのに必要な時間を対象とすると、測定時間値として、手作業のバラツキによる時間と、測定者の測定誤差とが合計されたものとして現われるからである。

又、サイクル・タイムの短いものは、誤差の及ぼす影響が比較的大きいからである。

2・3・1 油圧プレス

油圧プレスで、ワークの曲げ、熔接加工を専用機で行っている。この中、曲げ加工の上型作動開始から、曲げ加工後、上型が元の位置で停止するまでの時間を、ラップ・タイムで測定した。

2・3・2 ロボット・プレス

ワークをプレス加工し、アームによって次の工程へ自動的に搬送する。この搬送用アームが動き始めてから、元の位置に戻るまでの時間を、ラップ・タイムで測定した。

2・3・3 ねじ立て機

作業者が機械にワークをセットし、スイッチを押すとワークの押えが降りてきて、左右からねじ立てを行う。作業者がスイッチ・ボタンを押し、ワークのねじ立てを行い、押えが上り終るまでの時間をラップ・タイムで測定した。

2・3・4 スポット熔接

ワークに36点のスポット熔接を行う。機械にワークをセットした後、作業者がスイッチ・ボタンを押し、自動熔接した後、ワークが元の位置に戻るまでの時間をラップ・タイムで測定した。

2・3・5 スポット・ウェルダー

ターン・テーブルにワークを並べておき、自動熔接後、ターン・テーブルにあるワークをアームにより部品箱に自動投入する。一つのワークを投入し、次のワークを投入するまでの時間を連続観測で測定した。

2・4 測定回数

観測回数は、サイクル・タイムに応じて100~50サイクルを1回の測定回数⁷⁾とし、1台の機械に対し、

5回くり返し測定を行い、それぞれの測定ごとに算術平均をとることとした。

2・5 測定誤差の分析

前項の平均値に基づき、5人の測定者(被験者)について、一元配置法によって分散分析を行った。

次いで、サイクル・タイム別に個人誤差の傾向をみる。このときの基準となるサイクル・タイムを得るために、ビデオ・カメラにストップ・ウォッチを組み込み、観測対象作業を録画し、これにより基準時間を設定した。

3. 測定結果とその分析

3・1 測定値

前に述べた5台の機械の、それぞれの対象作業について、測定値は表1~5のとおりである。

表1 油圧プレス測定値(DM)

繰返し	水準	A	B	C	D	E
	1	19.1	19.3	19.2	19.0	19.0
2	19.2	19.6	19.2	19.0	18.9	
3	19.3	19.5	19.2	18.9	19.1	
4	19.1	19.6	19.3	19.1	19.1	
5	19.1	19.7	19.3	19.2	19.1	

表2 ロボット・プレス測定値(DM)

繰返し	水準	A	B	C	D	E
	1	4.8	4.5	4.6	4.7	4.8
2	4.7	4.5	4.7	4.7	4.8	
3	4.7	4.4	4.7	4.6	4.7	
4	4.7	4.4	4.7	4.6	4.8	
5	4.8	4.5	4.8	4.6	4.8	

表3 ねじ立て測定値(DM)

繰返し	水準	A	B	C	D	E
	1	11.4	11.4	11.3	11.2	11.5
2	11.5	11.5	11.3	11.3	11.4	
3	11.5	11.4	11.4	11.4	11.4	
4	11.4	11.5	11.3	11.3	11.4	
5	11.5	11.3	11.3	11.3	11.4	

表4 スポット溶接測定値 (DM)

水準 繰返し	A	B	C	D	E
1	61.3	61.2	61.2	61.2	61.3
2	61.2	61.2	61.3	61.2	61.3
3	61.2	61.1	61.3	61.2	61.3
4	61.0	61.1	61.2	61.0	61.3
5	61.3	61.3	61.2	61.2	61.2

表5 スポット・ウエルダー測定値 (DM)

水準 繰返し	A	B	C	D	E
1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

3・2 測定値の分析

3・2・1 分散分析

前項の測定に基いて分散分析⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾を行った結果は、表6のようである。結果は油圧プレス、ロボット・プレス、ねじ立て、について、1%有意との結果を得た。これは、作業の性質上、作業の開始と、終りの判断のむづかしい作業について、有意差が出たものと考えられる。又、スポット溶接については、5人の平均測定値が全く同じになったので、分析から除外した。これは作業の開始、終りが測定し易く、且つ、連続測定を行ったためと考えられる。

表6 分散分析表

(1) 油圧プレス

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	検定
要因A	0.850	4	0.212	19.309	* *
誤差E	0.220	20	0.011		
合計	1.070	24			

(2) ロボット・プレス

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	検定
要因A	0.314	4	0.078	24.500	* *
誤差E	0.064	20	0.003		
合計	0.378	24			

(3) ねじ立て

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	検定
要因A	0.098	4	0.024	6.421	* *
誤差E	0.076	20	0.004		
合計	0.174	24			

(4) スポット溶接

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	検定
要因A	0.046	4	0.012	1.657	
誤差E	0.140	20	0.007		
合計	0.186	24			

3・2・2 各水準の母平均の差の検定

5人の被験者について、母平均の差の検定¹¹⁾を行った結果は、表7のようになり、*印の項について、有意水準5%で有意差ありと測定される。

表7 各水準の母平均の差の検定結果

(1) 油圧プレス

	A	B	C	D
E	—	*	*	—
D	—	*	*	
C	—	*		
B	*			

(2) ロボット・プレス

	A	B	C	D
E	—	*	*	*
D	*	*	—	
C	—	*		
B	*			

(3) ねじ立て

	A	B	C	D
E	—	—	*	*
D	*	*	—	
C	*	*		
B	—			

(4) スポット溶接

	A	B	C	D
E	—	—	—	*
D	—	—	—	
C	—	—		
B	—			

3・2・3 各水準の母平均の推定

5人の被験者について、母平均の区間推定結果¹²⁾は、信頼率95%として、図1～4のとおりとなった。図1について言えば、被験者Bが最も高い測定値を出し、D、Eが最も低い測定値を出すことが示される。

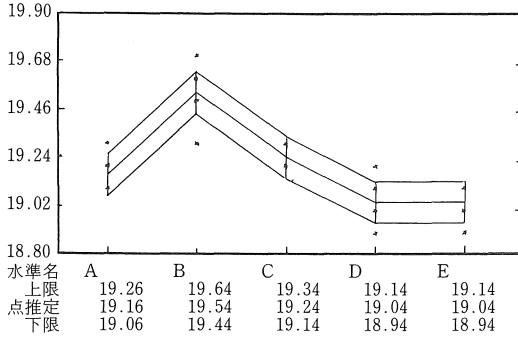


図1 油圧プレス各水準の母平均の95%信頼区間

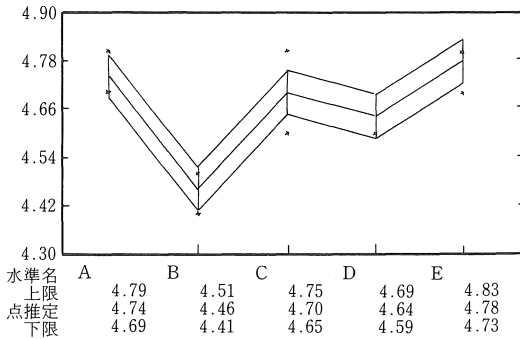


図2 ロボット・プレス各水準の母平均の95%信頼区間

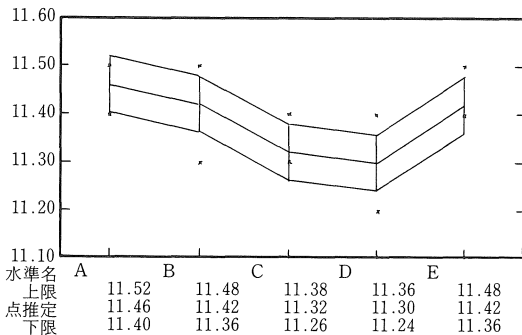


図3 ねぢ立て各水準の母平均の95%信頼区間

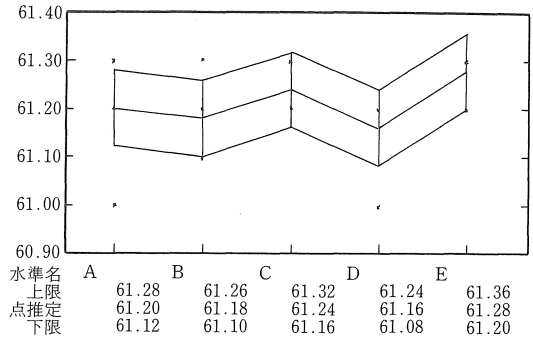


図4 スポット溶接 各水準の母平均の95%信頼区間

3・3 測定誤差の実数確認

誤差の算出方法としては、VTR観測により測定した時間値を基準とし、各測定値との差をもって誤差とした。その結果は、表8のとおりとなった。なお、サイクル・タイムと誤差との関連を図にしたものが図5であり、これによってみるに、誤差の大きさは、サイクル・タイムの大きさとは関連はなく、作業の性格による影響が大きいようである。

表8 作業別、被験者別誤差表

	基準値	A	B	C	D	E
油圧 プレス	19.0	0.16 0.84	0.54 2.84	0.24 1.26	0.04 0.21	0.04 0.21
ロボット プレス	4.7	0.04 0.85	-0.24 -5.10	0.00 0.00	-0.06 -1.20	0.08 1.70
ねじ立て	11.5	-0.04 -0.35	-0.80 -0.70	-0.18 -1.56	-0.20 -1.74	-0.80 -0.70
スポット 溶接	61.5	-0.30 -0.49	-0.32 -0.52	-0.26 -0.42	-0.34 -0.55	-0.22 -0.35
スポット ウエルダ	7.1	-0.10 -1.41	-0.10 -1.41	-0.10 -1.41	-0.10 -1.41	-0.10 -1.41

上段 誤差=測定値平均-基準値 (DM)

下段 誤差/基準値 (%)

4. 個人測定誤差要因の探求

4・1 個人別特性値と測定誤差との相関分析

各被験者の測定誤差は、被験者の持つどのような特性と相関関係があるかを検討するために、次の4つの実験を試みた。

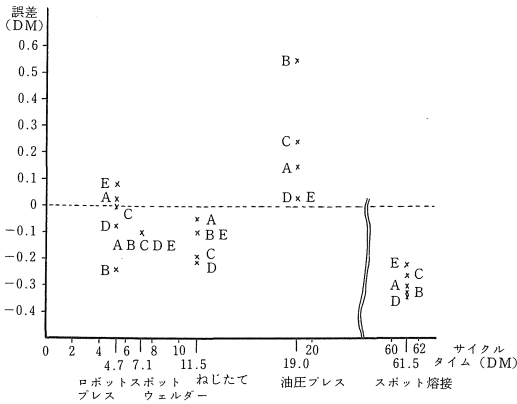


図5 誤差比較

4・1・1 ピン・ボード実験¹³⁾

作業測定実験に一般に使われるピン・ボードの組立、分解作業を、各被験者につき、出来るだけ早く10回行わせ、1回当りの平均所要時間を算出した。

4・1・2 トランプ配り¹⁴⁾

これも、作業測定実験に一般的に使われる作業で、52枚のトランプを15cm四方の場所へ配るに要する時間で、できるだけ早く10回行わせ、1回当りの平均所要時間を算出した。

4・1・3 計数器

一般に用いられている計数器の押す早さとして、30秒間に何回計数器を押すことができたかを1回の測定値とし、その10回のくり返しの平均値を用いた。

4・1・4 レイティング値

レイティング訓練に用いる日本能率協会のレイティング・フィルム¹⁵⁾を用い、これに出てくるタバコの移動作業5種類について、(観測レイト)/(正しいレイト)の比率を用い、5種類の比率の平均値を用いた。なお、同フィルムの鉄棒の移動、歩行の速さについては、各被験者間の相違が少なかったため、最初に行ったタバコの移動についての数値を用いた。

他の実験が、動作の迅速性をみるのに対し、判断力をみるのに試みたものである。

4・1・5 相関分析

表9は、以上の各特性値を示したものであり、これと、表8の誤差との組合せにより、各相関係数を算出してみると、表10ようになる。

そこで、相関係数： γ 有意水準： P
自由度： f サンプル数： n とし、

$|\gamma| \geq \gamma(f, P)$ ($f=n-2$ ¹⁶⁾¹⁷⁾より有意性を判断してみる。但し、 n が非常に小さいので、止むを得ず近似式¹⁸⁾を利用することにした。それによると、 $\gamma(f, P) = \gamma(3, 0.1) = 0.82$

となり、油圧プレスにおける誤差と、ピン・ボードの速さとの間では $\gamma = 0.833$ であるので、有意水準10%の正の相関関係があると考えてよいのではないかと思われる。又母相関係数 ρ の95%信頼限界¹⁹⁾を求めてみると、 $-0.20 \sim 0.988$ となる。更に単回帰分析をしてみると、図6ようになる。

同様の考え方で、やはり、油圧プレスの誤差と、レイティング値との間では、 $\gamma = -0.833$ で有意水準10%で負の相関関係があり、母相関係数 ρ の95%信頼限界は $-0.988 \sim 0.20$ となり、ピン・ボードの速さが速い程、又レイティングの値が正しいレイトに近い程、誤差が小さくなる傾向とみて差支えないのではなかろうか。

ロボット・プレスについては、ピン・ボードの速さとの間に $\gamma = -0.772$ で略々負の相関関係とみると、油圧プレスの場合と同様の傾向があると考えてもよからうと思われる。

その他のケースについては、関連を見出すことは出来なかった。

表9 被験者別特性値

被験者 実験具	A	B	C	D	E
計数器(回)	156.0	142.5	180.8	153.3	162.8
トランプ配り(DM)	34.5	38.5	42.2	31.2	33.3
レイティング値(%)	86.0	75.2	77.2	94.7	86.1
ピンボード(DM)	128.0	135.1	119.8	120.0	112.8

表10 誤差と被験者特性値との相関係数(γ)

実験具 作業	計数器	トランプ配り	レイティング値	ピンボード
油圧プレス	-0.369	0.651	-0.833	0.833
ロボット・プレス	0.364	-0.272	0.429	-0.772
ねじ立て	-0.404	-0.093	-0.252	0.378
スポット溶接	0.633	0.210	-0.229	-0.650

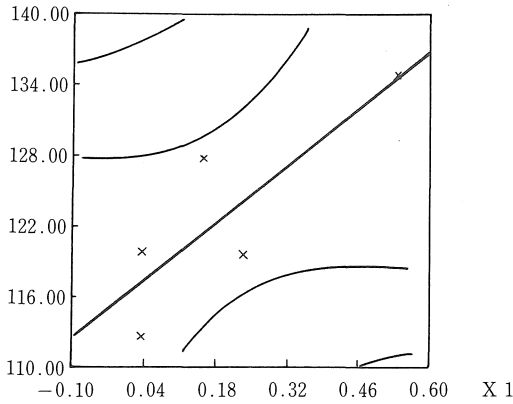


図 6 油圧プレス—ピンボード単回帰分析

	横 軸	縦 軸
変数名 X 1	X 2	
データ数	5	
最小値	0.040	112.800
最大値	0.540	135.100
平均値	0.204	123.140
標準偏差	0.206	8.582
相関係数	0.833	
Y = 116.062 + 34.694 * X		
t 値 [2.610]		

4・2 測定対象作業のスタート・ストップの判断誤差に伴う誤差

同一作業を、同一条件による測定者が、同一条件で測定した場合の個人差については、実験資料が少ないので、断定することは勿論言えないが、判断し易い即ち、作業開始と終りが明確に判断し得る作業については、個人差は認められなかった。しかし、比較的判断しにくい作業については、個人差があると考えられる。この場合、作業のサイクル・タイムの長短と誤差の大きさとの関係が認められなかった。誤差は、作業の内容によって、正の値と負の値とな

った。今回の実験では、明確な理由は得られなかったが、作業の終りがわかりにくい作業では、ストップ・ウォッチを押すタイミングが遅れて正の誤差となり、作業の始まりが判断しにくい作業では、やはり、タイミングが遅れて負の誤差になったと推定される。

5. 結論

以上について、総括的に表にすれば、表11のようになる。即ち本実験においては、個人的特性による誤差はピン・ボードの速さならびにレイティング値との間で相関傾向がみられたが、サンプル数の少いこともあって明確な結論は下せなかった。今後更に検討が必要であろう。個人的誤差は、測定対象のスタート、ストップの判断誤差に伴う誤差が大きい。又誤差の絶対値は非常に小さいので、実務的にみるときは支障はないようであるが、基準値に対する比率でみるときに、最大5.1%のものもあるので、このような場合には無視出来ない。特に、作業改善による効果測定等においては、測定者の訓練、同一測定者による時間比較等の配慮が必要であろう。これは、時間研究における原則論²⁰⁾に一致する。

すなわち、観測者は作業そのものを充分事前に熟知していなければならないことを裏付けるものである。このことは自動化、ロボット化の進展と共にその重要性が、本研究によって充分裏付けされたものと考ええる。

謝辞

本実験に関し、観測現場の提供をして戴いた企業には、一方ならぬ御協力を賜わった。被験者となっ

表11 総 括 表

作 業 名	有 意 差	相 関 関 係	基準時間 (DM)	相 対 比 率 (%)
油 圧 プ レ ス	1%で有意差あり	概してピンボード組立作業、タバコの速度レイティングと相関関係あり	19.0	0.21~2.84
ロ ボ ッ ト ・ プ レ ス	1%で有意差あり	ピンボード組立て作業とやゝあり	4.7	1.70~5.10
ね じ 立 て 機	1%で有意差あり	相関関係はみられない	11.5	0.35~1.74
ス ポ ッ ト 熔 接	有意差はみられない	相関関係はみられない	61.5	0.35~0.52
ス ポ ッ ト ・ ウ ェ ル ダ	———	———	7.1	1.4

た学生諸君と共に謝意を表します。

参考文献

- 1) 3) 甲斐章人：IE 基礎要論, 145, 217, 税務経理協会, 東京, 1985.
- 2) 5) 7) 津村豊治, 佐久間章行：作業研究, 142, 144, 145, 丸善, 東京, 1978.
- 8) 石川 馨, 米山高範：分散分析法人門, 22~33, 日科技連出版社, 東京, 1967.
- 9) 11) 12) 日本科学技術研修所：品質管理支援システム JUSE-QCAS, 日本電気ソフトウェア, 東京, 1985.
- 10) 田口玄一：経営工学シリーズ 実験計画法, 17~18, 日本規格協会, 東京, 1979.
- 13) 14) 池永謙一：現場の IE 手法, 197, 209, 日科技連出版社, 東京, 1971.
- 15) 日本能率協会：「作業の速さ」レイティング・フィルム, 日本能率協会, 東京, 1968.
- 16) 細谷克也：現場の QC 手法上級編, 188, 日科技連出版社, 東京, 1978.
- 17) 18) 朝香鐵一：経営工学シリーズ 品質管理, 88~89, 246, 日本規格協会, 東京, 1980.
- 19) 森口繁一：数値表 A, 32~33, 日科技連出版社, 東京, 1954.
- 4) 6) 20) 国際労働事務局, 日本生産性本部：ワークスタディ便覧, 261, 258, 254~255, 日本生産性本部, 東京, 1959.

(受理 平成2年2月20日)