

同時動作時間におけるオクレ補償の研究

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)

235

(終了ページ / End Page)

246

(発行年 / Year)

1986-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004024>

同時動作時間におけるオクレ補償の研究

井 戸 正 敏*

A Study of Delay Allowance Rate on Simultaneous Symmetrical Motions

Masatoshi IDO*

Abstract

Eight right handed male students as the subject, performed a simultaneous symmetrical task using apparatus of the one hole test. Simultaneous performance time was investigated at several symmetrical locations. The locations were defined by the combinations of different levels of separation distance and distance.

It was found that the locations were significant factor in simultaneous performance. Through a statistical analysis, it was found that the terminal activities, i.e. positioning and grasp motion time were affected by locations whereas movement activities, i.e. transport empty and loaded motion time were not. The relationship between the time in terminal activities and locations were shown to be quadratic. On the other hand, one-handed motion time was not affected by locations.

Therefore, the delay allowance rate to estimate simultaneous motion time based on the one-handed motion time were given.

§1. 緒 言

「動作経済の基本原則」が推奨しているように、「合理的」な作業方法の設定や、生産性向上の面から、両手同時動作が望ましいとされている。したがって、一般に作業台上で行われる単純繰り返し作業では両手の同時動作が多く行われている。

既定時間標準法といわれるいわゆる PTS 法で、両手同時作業時間値を求めようとする、多くの手法では、片手動作に対する Time Table であるために、片手動作時間に対する両手動作時間のオクレを補償する方法をとっている。

また、両手同時動作時間は、両手間隔と動作方向が大きな影響因子であると云われている。このことは、動作が行われる作業空間（作業域）と動作時間値との間に何んらかの関係が存在していることと推察できる。

以上の観点より、ここでは特定の作業域を設定し、よく発生する終局動作を含む作業を行い、

* 経営工学科

作業域間における片手と両手の動作時間値を実験により求め、その差異を検討することにより、作業域における片手動作時間値から、両手動作時間値を推定するためのオクレの補償係数を求める実験式を求めようとするものである。

§ 2. 両手同時動作時間の研究

両手同時対称作業を、既存の PTS 法で時間値を求めようとする場合、片手動作時間に対する両手動作時間のオクレを補償する方法をとっている。MTM¹⁾では「時限動作に関する原理」に規定され、両手の等距離の“手を伸ずす”、“掴む”、4インチ未満の二部品間の“定置する”は、同時動作が実行不可能とし片手の時間値と等価としている。同時動作が実行不可能な場合には、一方の手がその動作を終了した後に他方の手が動作を開始すると考えられ、それらの動作を直列的に捉えて時間値が求められる。別の見方をすれば、同時動作の困難な場合には、その動作に対し100%の補償が行われることになる。WF²⁾では、MTMと同様に両手同時動作時間と片手の動作時間とは等しいとしている。しかし、実際に片手作業を両手で同時に同一作業を行った場合を分析すると、時間値に差が生じる。この差異は両手を協調させ互いにリズムに合わせることの困難によるものと結論し、作業者は困難な動作をする方の手の速さに同調すると見なし、この困難な動作とし、「複雑な掴み」「前置」「組み立」の三種類を上げ、この同時動作に対し補償時間を付加している。この補償を「同時ユトリ」と呼んでいる。この補償率の根拠は、ある数学的な条件即ち模索（上述の三動作）の越る確率に求めており、多数の例より統計的に見ると平均発生割合は50%であるとし、小さい方の変動時間の50%を両手に補償している。最近注目されている MODAPTS 法³⁾においては、Low-Conscious Control の動作は両手同時動作が実行可能とし、片手動作時間値を与えている。また、High-Conscious Control の動作は両手同時は不可能とし、その場合には、片方の手に“待ち”が生じ、動作形態は変動する。この動作と先行動作を直列的にとらえ時間値を算出している。HPT 法⁴⁾では、同時動作の場合、18%の難度調整係数を与えて補償している。USD 法⁵⁾では Position を含む場合、片手、両手それぞれの Time Table が用意されている。BMT 法⁶⁾では“手を伸ばす”“運ぶ”動作時間に影響を与える変動要素として、Simultaneous Action を考慮し、視覚指示の有無でユトリを加味している。このようにそれぞれの方法ごとに手続きが行われるが、なかには、実際時間値とは一致しないという批判もある。このことは、本質的には、両手同時動作の特性が十分明らかにされていないところに一因があると思われる。

また、一方では、PTS 法における両手同時動作の分析が不十分であるとし、両手同時動作時間に影響を与える手の運動の“距離”“方向”“両手間間隔 (Separation distance)”、“位置ぎめ (Positioning)”等の要因と時間値との関係が実験的手続きによって追求されている。これらの結果は、PTS 法に考慮するよう提案されている。

両手同時動作に関する研究として、Raphael and Clapper⁷⁾ は両手同時動作を行う場合、片方の手は他方の手を常に制約することを明らかにし、片方の手のコントロールの程度は、作業者の Visual Control & Biomechanical Control の程度によるとしている。Hassan & Black⁸⁾ は同時動作時間は Separation distance が大きくなればなる程増加するとし、Peg のはめ合わせ実験により、はめ合わせの度合ごとに、Separation distance と時間との関係を求めている。彼は、両者は直線的関係にあるとしたのに対し、Nieble *et al.* は同様の実験より、その関係は指数関数的関係にあるとしている。

運動の方向としては、Barnes and Mundel⁹⁾ は実験結果より作業者全体の平均時間は60°が最小、作業ペースの速いグループは0°の方向が最小時間であったとしている。Raouf *et al.*¹⁰⁾ は15°が最小時間であったが、0°～45°の範囲が最適な方向であることを示した。また金沢¹¹⁾ は30°～60°の斜め方向の作業は0°、90°方向の作業よりは能率的であると実験結果を示している。

§3. オクレの補償係数の推定の考え方

PTS 法における片手作業時間（サイクルタイム）は、発生する要素動作の固有時間値の総和として求めている。

そこで、特定の作業域における片手のサイクルタイムは、式(1)のように示すことができる。

$$t_{ij} = \sum_{k=1}^n e_{ijk} \cdot f_{ijk} \quad (1)$$

t_{ij} : 作業域 (i, j) の片手のサイクルタイム

e_{ijk} : 作業域 (i, j) における要素動作の種類 (k) の時間値

f_{ijk} : e_{ijk} の発生度数

両手同時作業の場合は、同時動作が不可能な部分の時間値を加えるが、これは片手動作時間値に対するオクレの補償として、 α 倍の時間値を加えることになる。したがって、作業域 (i, j) における両手同時作業のサイクルタイムは、式(2)のように表現できる。

$$t_{ij}' = \sum_{k=1}^n \alpha_{ijk} \cdot e_{ijk} \cdot f_{ijk} \quad (2)$$

t_{ij}' : 作業域 (i, j) の両手同時作業のサイクルタイム

α_{ijk} : 片手の要素動作時間値に対するオクレの補償係数

ここで、作業域 (i, j) における両手が片手のサイクルタイムより大きい関係にあるとすれば、両手同時作業のサイクルタイムを構成する要素動作のうち、少なくとも1種類の要素動作にオクレが存在することになる。

いま、作業域 (i, j) における片手の各要素動作時間値を e_{ijk} 、両手の各要素動作時間値を e_{ijk}' とすると、オクレの補償係数は式(3)のように表現できる。

$$\left. \begin{aligned} e_{ijk}' &= \alpha_{ijk} \cdot e_{ijk} \\ \alpha_{ijk} &= e_{ijk}' / e_{ijk} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

もし、この α_{ijk} が作業域に関して特定の傾向を有すれば、それを推定する回帰式を考えることができる。すなわち、作業域が両手間距離 (x) と、身体からの距離 (y) の関数で設定されれば、作業域に応じた各要素動作 (k) のオクレの補償係数 α_{ijk} を推定する回帰式を考えることができる。

$$\alpha_{ijk} = f(x, y) \quad (4)$$

§4. 実験の内容

4.1 対象作業

対象作業としては「ワンホールテスト」を用いた作業とした(図1)。ピン ($0.9\phi \times 50$) を上面A孔より挿入し、パイプを通して落下したピンを下面B孔より取り出し、再びA孔へ挿入する単純反復作業である。

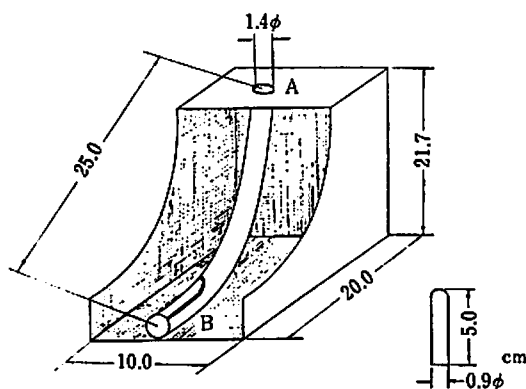


図1 ワンホールテスト

この作業の特徴は、材料の供給が動作速度を制約せず繰り返し可能であり、両手の同時対象作業が行え、各作業域で、同一の作業が可能であり、実験条件を満たすことにある。

この作業を動作分析すると、 G, T_L, P, R_L, T_E となる。

4.2 時間値の測定

「ワンホールテスト」の上面および下面にマイマロスイッチを設置し手の運動によってこれを作動させ、マルチタイマーにより動作時間を10msの単位で測定した。

測定技術上の制約から、 P と R_L は分割できないので、 $P + R_L$ を合わせ測定し、これを P とした。

1回の実験ごとに35サイクルの時間値を収集したが、人間の動作の特性を考慮して、初期および終末効果を除去すること、また、作業測定では連続測定してデータを処理するので、ここでは、6~25サイクルの平均値を1回の実験データとした。

4.3 被 験 者

右利き男子学生（21～22才）8名を選び十分練習を行わせ、習熟効果を配慮した。

4.4 作 業 域

- ① 作業台前端と身体との距離は約5cm 必要であり、その位置から前方へ若干の身体の前屈曲を含めて60cm が作業可能域である。
- ② 被験者の肩幅は約40cm である。
- ③ MTM では両手間隔10cm 以内の定置動作は同時可能であるとしている。
- ④ ワンホールテストの大きさは、中心より前後方向10cm、左右方向5cmである。

これらの条件から、作業台前端中央基点とし、

X軸方向へ5, 15, 25cm したがって $S \cdot D$ は10, 30, 50cm となる。

Y軸方向へ20, 30, 40cm

の各交点 (i, j) を中心とする 200cm^2 の区画が作業台上に左右対象に9箇所ずつ、計18箇所設置した(図2)。

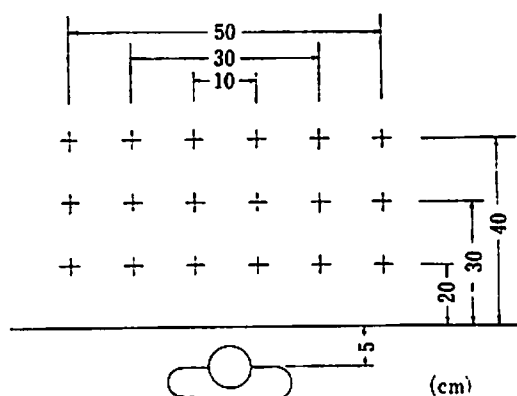


図2 作業レイアウト

4.5 実験条件

実験はデータの構造を式(6)のように考え、被験者を繰り返しデータとする繰り返しの三元配置とした。

$$y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + c_k + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + z_{ijkl} \quad (6)$$

a_i : 使用手（利き手, 非利き手, 両手）の効果

b_j : X軸方向作業域（両手間隔 10, 30, 50cm）の効果

c_k : Y軸方向作業域（前方 20, 30, 40cm）の効果

z_{ijkl} : 誤差

その他の実験条件は次のとおりである。

- ① 作業ペースは被験者が最も作業しやすい速度とする。
- ② 作業面高は肘と作業台の間が1～2cmあくように椅子の高さを調節する。

- ③ 疲労効果を除くため各実験ごとに十分な休息時間を与える。
- ④ 動作方向は終局動作および移動動作の両手間隔が一定になるよう、各作業域ともY軸方向に動作させる。
- ⑤ 被験者の拘束負担や実験環境などを同一条件に保つため、実験は1日とする。

§5. 実験結果と考察

5.1 各作業域におけるサイクルタイム

各作業域ごとの片手および両手のサイクルタイムを図3および図4に示す。これを見ると差異がみられるので、

A_i (使用手)

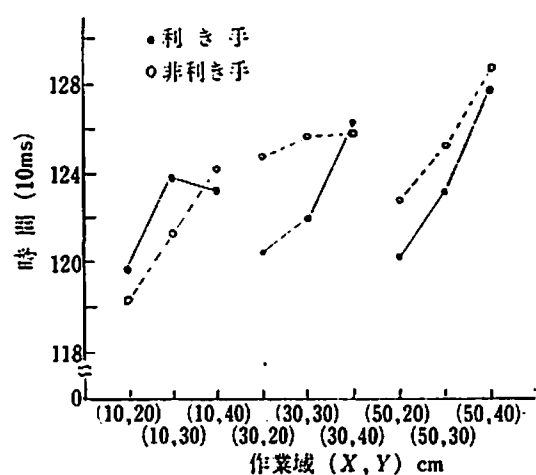


図3 作業域別片手の平均サイクルタイム

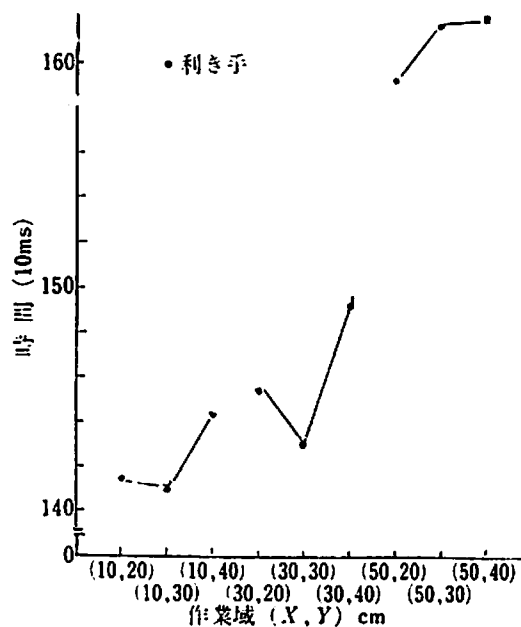


図4 作業域別両手の平均サイクルタイム

表1 サイクルタイムの分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
使 用 手	37161.2	2	18580.6	162.99**
X 軸 方 向	1921.9	2	961.0	8.43**
Y 軸 方 向	1.3	2	0.7	0.01
A×B	3212.5	4	803.1	7.04**
A×C	7.5	4	1.9	0.02
B×C	13.2	4	3.3	0.03
A×B×C	47.8	8	6.0	0.05
誤 差	21548.0	189	114.0	
計	63913.4	215		

表2 サイクルタイムの水準間の比較（単位 10 ms）

要因 平均値	要因								
	A_1B_1	A_1B_2	A_1B_3	A_2B_1	A_2B_2	A_2B_3	A_3B_1	A_3B_2	A_3B_3
要因	121.5	121.7	122.0	121.4	121.6	122.1	141.5	146.0	161.1
A_1B_1		0.2	0.5	0.1	0.1	0.6	20.0	24.5	39.6
A_1B_2			0.3	0.3	0.1	0.4	19.8	24.3	39.4
A_1B_3				0.6	0.4	0.1	19.5	24.0	39.1
A_2B_1					0.2	0.7	20.1	24.6	39.7
A_2B_2						0.5	19.9	24.4	39.5
A_2B_3							19.4	23.9	39.0
A_3B_1								4.5	19.6
A_3B_2									15.1

$$q(9, 189; 0.05) \sqrt{114/24} = 9.57$$

B_j (X軸方向の作業域)

C_k (Y軸方向の作業域)

について分散分析を行った。その結果、表1が得られた。

これによると、

(1) 要因 $A, B, A \times B$ の交互作用が高度の有意となった。

そこで、 A_iB_j について水準間の差の検定を行うと表2のようになった。

(1) 片手の利き手と非利き手との間には有意ではない。

(2) 片手と両手の間
両手のX軸方向作業域1～3, 2～3域間 } 有意

この結果、片手作業のサイクルタイムは、使用手および作業域による影響がみられないので、片手時間を基準にして両手時間のオクレの補償としてよいと考えられる。次に、両手の作業サイクルタイムは、両手間隔に影響を受けているということになるので、その影響が作業を構成するどの動作に起因するものか検討を行う。

5.2 各作業域における動作時間

1. T_E 時間

T_E の時間値の分散分析の結果を表3に示す。各要因とも有意ではない。したがって、 T_E の時間値は、使用手、作業域による影響を特定しにくい動作と考えられる。したがって、両手同時動作の場合も片手の動作時間値を適用しうるものと考えられる。

2. T_L の時間

T_L 時間値の分散分析の結果を表4に示す。要因Aのみが高度に有意となった。そこで、使用手について水準間の差の検定を行うと表5に示すように、片手と両手の間が有意となった。

したがって、 T_L の時間値は、両手同時動作の場合、作業域に関係なく片手の T_L 時間に対する一定のオクレの補償が必要になると考えられる。

表3 T_E 時間値の分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
使 用 手 (A)	0.6	2	0.3	0.01
X 軸 方 向 (B)	1.9	2	1.0	0.04
Y 軸 方 向 (C)	11.3	2	5.7	0.24
$A \times B$	2.4	4	0.6	0.03
$A \times C$	21.9	4	5.5	0.23
$B \times C$	16.7	4	4.2	0.18
$A \times B \times C$	25.2	8	3.2	0.14
誤 差	4483.0	189	23.7	
計	4563.0	215		

表4 T_L 時間値の分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
使 用 手 (A)	617.8	2	308.9	38.14**
X 軸 方 向 (B)	4.3	2	2.2	0.27
Y 軸 方 向 (C)	0.9	2	0.5	0.06
$A \times B$	4.1	4	1.0	0.12
$A \times C$	11.0	4	2.8	0.35
$B \times C$	10.1	4	2.5	0.31
$A \times B \times C$	16.9	8	2.1	0.26
誤 差	1523.6	189	8.1	
計	2188.7	215		

表5 T_L の水準間の比較 (単位 10 ms)

要因	平均値	A_1	A_2	A_3
		42.0	41.8	45.5
A_1			0.2	3.5
A_2				3.7

$q(3, 189; 0.05) \sqrt{8.1/72} = 1.11$

3. Gの時間

Gの時間の分散分析の結果を表6に示す。サイクルタイムと同様に要因A, B, $A \times B$ が有意となった。

そこで $A_i B_j$ について水準間の差の検定を行うと、表7の結果を得た。

- 1) 利き手と非利き手間は有意ではない。

2) 片手と両手

3) 両手のX軸方向作業域1～3および2～3域間
- }
- 有意

したがって、Gは作業域によってサイクルタイムに影響を与える動作であり、両手同時動作の

表6 G時間値の分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
使 用 手 (A)	1634.5	2	817.3	92.88**
X 軸 方 向 (B)	104.0	2	52.0	5.91**
Y 軸 方 向 (C)	0.5	2	0.3	0.03
A×B	190.6	4	47.7	5.42**
A×C	0.7	4	0.2	0.02
B×C	3.7	4	0.9	0.10
A×B×C	13.1	8	1.6	0.18
誤 差	1654.1	189	8.8	
計	3601.2	215		

表7 Gの水準間の比較（単位 10 ms）

要 因 平均値									
	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃
要 因	17.8	18.0	17.9	17.8	18.0	17.9	21.7	23.0	26.5
A ₁ B ₁		0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	3.9	5.2	8.7
A ₁ B ₂			0.1	0.2	0.0	0.1	3.7	5.0	8.5
A ₁ B ₃				0.1	0.1	0.0	3.8	5.1	8.6
A ₂ B ₁					0.2	0.1	3.9	5.2	8.7
A ₂ B ₂						0.1	3.7	5.0	8.5
A ₂ B ₃							3.8	5.1	8.6
A ₃ B ₁								1.3	4.8
A ₃ B ₂									3.5

$$q(9, 189; 0.05) \sqrt{8.8/24} = 2.66$$

表8 P時間値の分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	分 散	分 散 比
使 用 手	16093.2	2	8046.6	1072.88**
X 軸 方 向	916.6	2	458.3	61.11**
Y 軸 方 向	1.8	2	0.9	0.12
A×B	1808.9	4	452.2	60.29**
A×C	18.6	4	4.7	0.63
B×C	11.5	4	2.9	0.39
A×B×C	18.9	8	2.4	0.32
誤 差	1413.9	189	7.5	
計	20283.4	215		

場合、両手間隔に応じて片手時間値に対するオクレの補償が必要になると考えられる。

4. Pの時間

Pの時間の分散分析の結果を表8に示す。サイクルタイムおよびGと同様な結果を示した。

A_iB_jについて水準間の差の検定を行うと、表9の結果を得た。

- 1) 利き手と非利き手は有意ではない。

表9 Pの水準間の比較(単位 10 ms)

要因 平均値	要因								
	A_1B_1	A_1B_2	A_1B_3	A_2B_1	A_2B_2	A_2B_3	A_3B_1	A_3B_2	A_3B_3
要因	24.1	23.9	23.9	24.0	23.9	24.2	36.3	39.9	50.7
A_1B_1		0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	12.2	15.8	26.6
A_1B_2			0.0	0.1	0.0	0.2	12.4	16.0	26.8
A_1B_3				0.1	0.0	0.2	12.4	11.0	26.8
A_2B_1					0.1	0.3	12.5	16.1	26.9
A_2B_2						0.3	12.4	16.0	26.8
A_2B_3							12.1	15.7	26.5
A_3B_1								3.6	14.4
A_3B_2									10.8

$$q(9, 189; 0.05) \sqrt{7.5/24} = 2.45$$

- 2) 片手と両手
3) 両手のX軸方向作業域間
- } 有意

したがって、Gと同様に、両手同時動作の場合には、片手時間に対するオクレの補償が必要になると考えられる。

以上から、両手同時作業のサイクルタイムに影響を与える要素動作は、主に終局動作(G, P)であり、これは両手間隔に応じて時間値が増加する特性をもつことが判明した。これに対し移動動作(T_E , T_L)は、 T_L が両手間隔に関係なく片手に対して増加し、 T_E は影響しないことが判明した。

そこで、次に終局動作の片手と両手の時間比すなわち両手のオクレ補償係数を求めて、X軸方向作業域に関して特定の傾向が存在するか検討を行う。

§6. オクレ補償係数の検討

6.1 終局動作のオクレ補償係数

X軸方向作業域に影響を受ける終局動作について、オクレ補償係数を繰り返しデータごとに式(7)により求めて、直交多項式のあてはめを行うと、表10, 11に示すように二次が有意となった。

$$\alpha_{i,k} = \bar{e}_{i,k}' / \bar{e}_{..k} \quad (7)$$

表10 G時間比の分散分析表

要因	平方和	自由度	分散	分散比
1次	0.483	1	0.483	32.2**
2次	0.075	1	0.075	5.0*
誤差	0.315	21	0.015	
計	0.873	23		

表11 P時間比の分散分析表

要因	平方和	自由度	分散	分散比
1次	1.488	1	1.488	67.64**
2次	0.124	1	0.124	5.64*
誤差	0.467	21	0.022	
計	2.079	23		

X軸方向作業域は、両手間の距離を基準に設定されているので、両手間隔(Separation Distance) 距離 x (cm) に関する G, P のオクレの補償係数を推定する回帰式を求めると、式(8)および式(9)のようになる。

$$\begin{aligned}\hat{\alpha}_G = & 1.13 + 2.75 \times 10^{-3}x + 9.90 \times 10^{-6}x^2 \\ & \pm \{4.32(9.78 \times 10^{-3} - 1.48 \times 10^{-3}x + 8.79 \times 10^{-6}x^2 \\ & - 2.11 \times 10^{-6}x^3 + 1.76 \times 10^{-8}x^4)\}^{1/2}\end{aligned}\quad (8)$$

$$\begin{aligned}\hat{\alpha}_P = & 1.46 + 7.63 \times 10^{-3}x + 1.27 \times 10^{-4}x^2 \\ & \pm \{4.32(1.45 \times 10^{-2} - 2.19 \times 10^{-4}x + 1.30 \times 10^{-4}x^2 \\ & - 3.13 \times 10^{-6}x^3 + 2.61 \times 10^{-8}x^4)\}^{1/2}\end{aligned}\quad (9)$$

6.2 移動動作のオクレ補償係数

T_L は片手と両手の時間値に一定の差があると考えられるので、それを推定すると式(10)となる。

$$\hat{\alpha}_{TL} = 1.08 \quad (10)$$

T_E は片手と両手の時間値に差がみられないので、

$$\hat{\alpha}_{TE} = 1.0 \quad (11)$$

とする。

以上から、作業域を考慮した両手同時動作は、オクレ補償係数を求め片手動作時間値に掛け合わせれば求めることが可能となる。

§7. お わ り に

両手同時動作の時間に影響を与える要因として作業域をとりあげ、片手動作と両手動作の時間を分析した結果、次のことが判明した。

片手動作の時間は作業域による影響はみられないが、両手動作では影響がみられる。とくに両手の終局動作では、片手の平均動作時間値を基準とした作業域別の時間比は、2次式の傾向をもっている。

一方、両手の移動動作は、作業域による影響はみられず、片手の動作時間値と等しいが若干増加する程度である。

以上の動作時間特性を基に、片手動作時間値から、両手動作時間値を推定するためのオクレ補償係数を求める実験式を求めた。今後、具体的な応用を展開するためには、作業ペースあるいは基準となる片手の時間値の選択を含めた検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) 林 茂彦: 「メソッドタイム設定法」技報堂, pp.161-169, (1966).
- 2) 上田武人編: 「WF 分析法」, 技報堂, pp.215-301, (1956).
- 3) Heyde, G.C.: Modular Arrangement of Predetermined Time Standards, The Australian Association for Predetermined Time Standard and Research, (1966); 日本語版, 横溝克己監修, 「MODAPTS」, 社会福祉法人日本キリスト教奉仕団, pp.86-89 (1973).
- 4) Mundel, M.E.: Motion and Time Study, Principles and Practice, 3rd ed., Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs (1960); 山内二郎(監訳), 千住鎮雄・関根智明・川瀬武志・佐久間章行(訳): 「動作・時間研究の理論と実際」, 第2刷, 紀伊国屋書店, pp.518-519 (1966).
- 5) 作業測定便覧編集委員会編: 「作業測定便覧」, 日刊工業新聞社, pp.442 (1964).
- 6) Maynard, H.B.: Industrial Engineering Hand Book, Text Edition, McGraw-Hill, New York, pp. 4-91-4-100 (1956).
- 7) Raphael, D.L. and Clapper, G.C.: Research Report #105 MTM Association Standards, (1952).
- 8) Hassan, M.Z. and Block, S.K.: A Study of Simultaneous Positioning. *J. Ind. Eng.*, No. 18, p. 682-688 (1967).
- 9) Raouf, A., Morooka, K. and Ito, K.: A Study on Simultaneous Symmetrical Motions, *J. Hum. Ergol.*, Vol. 7, No. 1, pp. 41-53 (1978).
- 10) Barnes, R.M. and Mundel, M.E.: Motion Study Reseach 4(b). A Study of Simultaneous Symmetrical Hand Motions. *Fact. Manage. Maint.*, Vol. 97, No. 12, pp. 56-58 (1939).
- 11) Raouf, A., Morooka, K. and Ito, K.: *ibid.*
- 12) 金沢 孝: 両手の同時作業と交互作業に関する作業域の研究, 人間工学, Vol. 15, No. 3, pp. 155-161 (1979).