

手腕同時動作と歩行の同時動作時間

IDO, 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)

34

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

32

(発行年 / Year)

1998-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003798>

手腕同時動作と歩行の同時動作時間

井戸 正敏*

Time of Simultaneous Hands and Walking Motions

Masatoshi Ido

Abstract

This paper presents time of simultaneous hands and walking motions. The importance of simultaneous motion is obvious from the principles of motion economy. So most operations are conducted with both hands in simultaneous and symmetrical form in simple assembly work.

Under the working system of a worker moving from one work-station to another, the simultaneous motion of hands and walking motion occurs when the worker arrives at and leaves a work-station. The features of the combination were revealed through 3 experiments.

When the worker left the work-station, his walking motion was made after the finish of simultaneous hands motions. The time lag between the simultaneous hands motions and walking motions was affected by a separation distance and a working point of hands just before walking. When the worker arrived at another work-station, motions of reach and grasp by both hands were made simultaneously with walking motion.

The reach motion time was limited in the walking motion time, but in some cases, the grasp motions following the reach motions were not always made simultaneously with walking motions, that is, not limited in the walking motion time.

As a result of these experiments, the experimental equations are proposed for estimating the simultaneous hands-walking motion time and the working area making simultaneous grasp and walking motions possible.

§ 1 はじめに

ライン化されたワークステーションの生産システムにおいて¹⁾、作業者がワークステーションで小型部品の組立作業を終了し、ワークステーションから出発する場合、あるいはワークステーションへ到着する場合、手腕動作と歩行の複合動作が発生する。

通常、小型部品の組立作業における動作シーケンスは、Reach, Grasp, Move, Position, Release 動作となる。これら動作により行われる組立作業は、動作経済の原則により、両手同時動作が推奨される。したがって、ここでは、手腕同時動作・歩行との同時動作を対象として、その時間推定法について考察を行う。手腕同時動作・歩行の同時動作とは、手腕動作が歩行より早く終了する場合か、両者が同時に終了する場合をいう。なお、Release 動作は微細のため Position 動作に含めた。

§ 2 歩行開始時の手腕同時動作・歩行の同時動作時間

作業者が両手同時動作で組立作業を終了し、次のワークステーションへ移動する場合、手腕同時動作は Position + Reach 動作 と分析される。この Reach 動作の時、体幹の向きを変えて歩行が開始され、Reach 動作・体幹の同時動作が行われる (Fig. 1)。この時間を見積もるには、体幹の動作時間および Reach 動作の時間を求める必要があるが、測定上困難である。そこで、Position 動作が終了し、歩行が開始されるまでの時間を、体幹のバランスをとるための手腕・胴の同時動作時間と見なすことにする。この同時動作時間に影響を与える要因は、Position 動作の作業点、すなわち作業者の位置から作業点までの距離および作業点での作業間距離 (separation distance : 以下 S D) が挙げられる。そこで、これらを考慮した同時動作時間の推定法を検討する。この作業可能な作業点までの距離は、作業者によって異なるので、ここでは作業者ごとの最大作業点までの距離を基準に、実際作業点までの距離の比率を動作距離比として用いる。さらに、最大作業点を手の最大到達距離とすると身長との相関が大きいと考えられるので、動作距離比は身長によって求めることを検討する。

2.1 歩行開始時の手腕同時動作・歩行の同時動作時間 (実験1)

1) 実験の内容

作業台の前に被験者を立たせ、両手でピンを持ちそれぞれのプレート孔にピンを挿入する作業を行わせ、

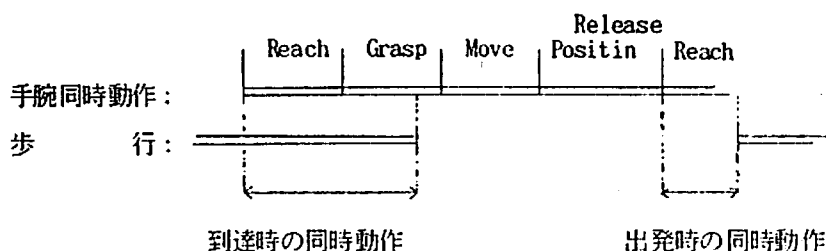


Fig. 1 手腕同時動作・歩行の同時動作の構造

作業終了すると同時に、体幹を真後ろに向け歩行する作業をモデルとした。作業面高は、各被験者ごとに直角に曲げた前腕と作業台面との間隔が 2 cm になるように設定した²⁾。実験要因は、作業台前面端より 10cm を基点とし X 軸上両方向に、5cm、15cm、25cm (SD は 10cm、30cm、50cm) の 3 水準、動作距離比は、Y 軸方向へ基点を 0 % 点とし、被験者ごとの最大作業点を 100% 点、基点と最大作業点の間を 50% 点とする 3 水準とした。したがって、作業点は各水準の交点の 9 ヶ所となる。

動作時間の測定は、8 チャンネル荷重スイッチシステム装置を使用した。歩行の開始時刻は、FSR センサーを被験者の両足の踵および爪先に対応する靴の裏面に装着し、踏み出し足の踵または爪先の早い方の発地時点とし、Position 動作の終了時刻は、ピンを挿入するプレートに埋め込んだマイクロスイッチを荷重スイッチシステムへ接続して、遅れ手の動作時終了時点と測定した。したがって、同時動作時間は、Position 動作の終了時刻と歩行開始時刻の差として求められる (測定単位は 10ms)。被験者は、男子学生 3 名を MTM ベースで十分訓練して採用した。また、Position 動作が終了すると同時に歩行を開始するよう指示した。

2) 実験の結果と考察

同時動作時間は Fig. 2 に示すように、SD より動作距離比が大きく関わり、作業間隔距離がどの程度であれ、身体から作業点までの距離が大きくなると体幹のバランスが取りにくいことが分かる。

分散分析の結果、SD および動作距離比要因は有意となった。交互作用に有意が認められなかったので、2 要因を変数として重回帰分析を行い式(1)を得た。

$$T_1 = 22.950 + 0.0664 P + 0.0806 S_p \quad (1)$$

ただし、 T_1 : バランスをとるための時間(1/100sec)

P : 動作距離比 $0 \leq p \leq 100\%$

S_p : 作業間距離 (SD) $10 \leq S_p \leq 50\text{cm}$

2.2 動作距離比の求め方

動作距離比を求めるには、まず基点から最大作業点までの距離を求める必要がある。ここでは、その距離を身長によって推定する方法を検討する。基点から最大作業点までの距離と身長を分析すると相関係数は大($R = 0.949$)であり、回帰分析を行うと式(2)が得られた³⁾。

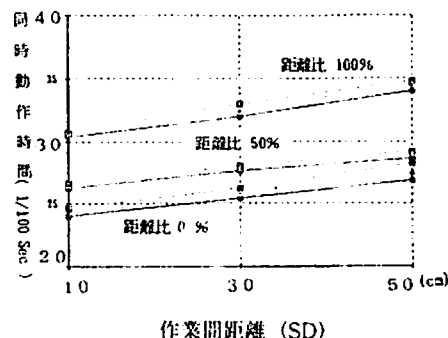


Fig. 2 歩行開始時の手腕同時動作・歩行の同時動作時間

$$M = 0.863 H - 106.6 \quad (2)$$

ただし、M：基点から最大作業点までの距離 (cm)

H：身長 $160.8 \leq H \leq 177.1$ (cm)

したがって、基点から実際作業点までの距離を K_p とすると、動作距離比 P は式(3)のように表すことができる。

$$P = K_p / (0.863 H - 106.6) \quad (3)$$

ただし、 K_p ：基点から実際作業点までの距離(cm)

2.3 歩行開始時の手腕同時動作・歩行の同時動作時間の推定式

式(1)に式(3)を代入することにより、作業者ごとの歩行開始時に必要な体幹のバランスをとるための同時動作時間 T_2 は、式(4)で推定することが可能となる。

$$T_2 = [22.950 + \{0.0664 K_p / (0.863 H - 106.6)\} + 0.0806 S_p] \times 1/100(\text{sec}) \quad (4)$$

ただし、 K_p ：基点から実際作業点までの距離 (cm)

H：身長 $160.8 \leq H \leq 177.1$ (cm)

S_p ：作業間距離 (SD) $10 \leq S_p \leq 50$ cm

§ 3 歩行終了時の手腕同時動作・歩行の同時動作

作業者が、ワークステーションに到着した場合、歩行が終了する前に両手同時の Reach + Grasp 動作が行われる。これらの手腕動作は、どのような動作条件で歩行の被時限動作になるか検討する。Reach動作は移動距離が、Grasp動作は物体の供給方法、物体の大きさおよびSDが主要な動作条件である。そこで、Reach動作とGrasp動作と分けて検討する。

3.1 歩行終了時の手腕同時 Reach 動作・歩行の同時動作 (実験2)

1) 実験の内容

Reach動作の時間影響要因は手の移動距離のみであるので、作業者は作業台まで直進歩行し、作業台上の2作業点に手を伸ばす作業をモデルとした。

最大作業点を原点とし、X軸上両方向25cm点 (SD 50cm) から2cm間隔で原点方向にSDを縮小させた作業点、そのSD条件で原点から作業者方向に2cm間隔で10cm接近させた作業点にマイクロスイッチを設定した。遅れ手のマイクロスイッチの動作時刻 t_1 を reach動作の終了時刻とし、遅れ足の踵または爪先の遅い方の着地時刻 t_2 を歩行の終了時刻とし、実験(1)と同様に測定した。したがって、 $t_1 \leq t_2$ の場合は歩行が時限動作となり、Reach動作が被時限動作となる。実験に際しては、歩行中に両手を作業点に出来るだけ接近させるように指示を与えた。

2) 実験結果と考察

各作業者において、最大作業点でSD 50cmでの両手同時Reach動作と歩行の終了時刻の差の検定を

行った結果、有意な差が認められた。すなわち、各被験者とも $t_1 < t_2$ の関係にあり、歩行は Reach 動作に対する時限動作であることが判明した。したがって、この作業域内であれば手腕同時 reach 動作と歩行は同時動作が可能であるといえる。

3.2 歩行終了時の手腕同時 Grasp 動作・歩行の同時動作 (実験 3)

1) 実験の内容

まず、実験 (2) の作業モデルで、垂直供給でピン径 8 mm を対象として、最大作業点で S D を 50 cm から 30 cm の間の予備実験の結果、両手 Grasp 動作と歩行の同時動作は、S D に関して特定の傾向が見られなかった。そこで、S D を同時動作が確実に可能となる 30 cm 以下とした。実験要因は、ピンの供給方法を垂直と水平の 2 水準、ピン径を 2、4、6、8 mm の 4 水準、S D を 10 cm、30 cm の 2 水準とした。

実験方法は、最大作業点を原点とし、S D 10 cm および S D 30 cm で、原点から手前の方向に 2 cm 間隔で、同時動作が可能な作業点を調査した。

2) 実験結果と考察

実験結果は、水平供給の場合では、ピン径 8 mm、S D 10 cm で僅かに同時動作が可能であるが、ピン径が小さく、S D が大きくなると全く同時動作が不可能となる傾向が見られた。

垂直供給の場合では、どのピン径でも同時動作が可能となるが、S D が、大きいと作業者手前に同時動作可能な作業点は接近す傾向が見られた。この同時動作が可能な作業点距離は、被験者により異なるので、動作距離比に直すと、Fig. 3 のようにほぼ同じ比率となった。

分散分析の結果は、ピン径および S D 要因が有意となり、交互作用に有意が認められなかったのでこの 2 要因を変数として、重回帰分析を行った。手腕同時 Grasp 動作と歩行が、同時動作可能となる動作距離比 p_v は、式 (5) で推定可能となった。

$$p_v = 4.2158 S - 0.3513 S p + 21.4833 \quad (5)$$

ただし、S : ピン径 $2 \leq S \leq 8 \text{ mm}$

S p : 作業間距離 (S D) $10 \leq S p \leq 50 \text{ cm}$

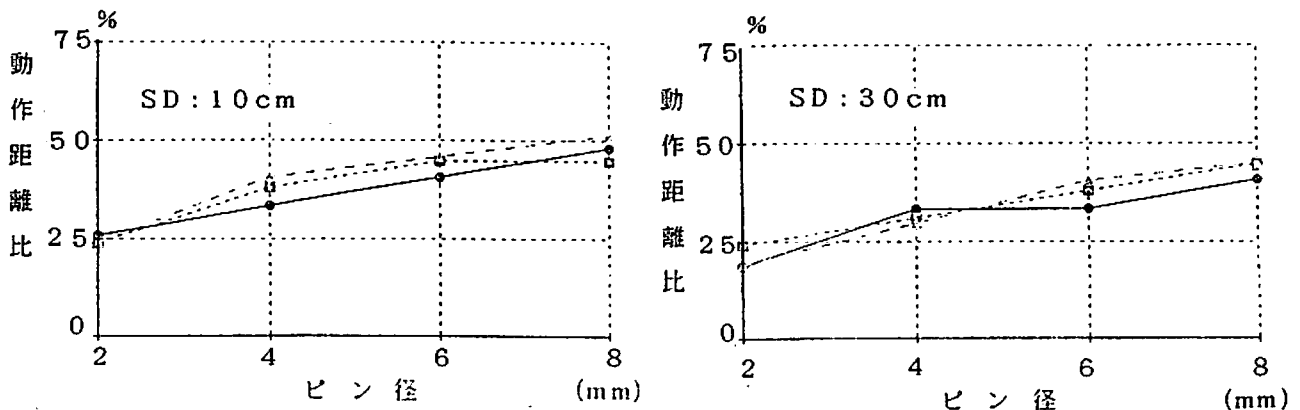


Fig. 3 歩行終了時の手腕同時 Grasp 動作と歩行の同時可能な距離比 (垂直供給の場合)

3.3 手腕 Grasp 動作と歩行の同時動作可能な作業域の推定式

垂直供給の場合、同時動作が可能となる距離 P_v は、式 (5) に式 (2) を乗じて式 (6) として求められる。したがって、同時動作可能な作業域は、同時動作可能距離と作業間距離により区切られる領域となる。

$$P_v = (4.2158 S - 0.3513 S_p + 21.4833) \times (0.863 H - 1066.10) \quad (6)$$

ただし、 S : ピン径 $2 \leq S \leq 6\text{mm}$

S_p : 作業間距離 (S_D) $10 \leq S_p \leq 50\text{cm}$

H : 身長 $1608 \leq H \leq 1771\text{mm}$

なお、水平供給の場合、両手 Grasp 動作と歩行との同時動作は不可である。

§4 おわりに

ワークステーションからの出発時、あるいは到着時における手腕同時動作・歩行の複合動作について考察を行った。出発時は体幹のバランスをとるための同時動作時間の推定方法を提案した。作業時間設定の場合には、この時間を歩行動作時間に付加することになる。一方、到達時の場合、手腕同時 Reach 動作と歩行は、同時動作可能であることを明らかにした。Grasp 動作は、水平供給の場合、同時動作は不可能であるが、垂直供給では動作条件により同時動作可能な作業域の存在を明らかにし、その推定式を提案した。

既存の P T S 法 (Predetermined Time-Standards System) では^{1) 5)}、手腕動作・歩行の同時動作に対し、分析が十分ではなく分析者の観察に委ねられていたが、本研究の結果、実際の作業に即した分析を可能にした。また、作業者の身体特性を考慮した従来にない、新しい推定方法を試みた。

参 考 文 献

- 1) 門田安弘：「トヨタの現場管理」(第15刷)，日本能率協会マネジメントセンター，pp.173-203, (1995)
- 2) Stephan KONZ：「WORK DESIGN：INDUSTRIAL ERGONOMICS」Third Edition, PP.159-189 Horizons.Inc. (1990)
- 3) 井戸正敏：“動作の複合—歩行動作と手腕動作の同時性に関する研究”法政大学工学部研究集報, pp.41-46, 第33号, (1997)
- 4) 上田武人：「WF分析法」(5版)，技報堂, (1956)
- 5) 林 茂夫訳：「メソッドタイム設定法」(4版)，(1966)