

動作の複合：歩行動作と手腕動作の同時性に関する研究

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)

33

(開始ページ / Start Page)

41

(終了ページ / End Page)

46

(発行年 / Year)

1997-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003805>

動作の複合 歩行動作と手腕動作の同時性に関する研究

井戸 正敏

Simultaneous Motion Combinations —Study on simultaneity of walking and hand motions—

Masatoshi IDO

Abstract

This paper deals with the simultaneous motion (simo) combination of walking with hand motions. Under the Multi-processes (TAKOUTEL MOTI) working system, the work which consists of walking and hand motions has been done. So designing the working system requires making clear the simo combination of walking with hand motions.

The experiments were conducted on two working models, the first working model was the simo combination of walking with reach motions and the second model was the simo combination of walking with grasp motions. The results of the experiments were as follows.

1. Walking and reach motion can be done with simo under almost any condition.
2. It is possible to estimate the working point where walking and grasp motions can be done with simo, when the working conditions and a worker's height are known.

These results are useful for designing the working system consisting of walking and hand motions in manufacturing enterprise.

1. はじめに

従来、簡易作業時間推定システムの開発を目的に、歩行動作および手腕動作時間推定法の検討を行ってきた。

今日、多工程持ち作業システムの普及により、歩行を含む立位作業が多く行われている¹⁾。この種の作業に、この簡易作業時間システムを対応可能にするためには、動作の複合が明らかになっていることが必要とされる。

既存のPTS法では、手腕動作が中心で、手腕動作と身体動作の動作の複合については十分ではなく、多くの場合、作業の観察に委ねられる^{2),3)}。

そこで、今回は、歩行に続いて手腕動作が行われる作業を対象とし、歩行動作と手腕動作の同時動

作について検討を行う。

同時動作とは、歩行動作の終了時間と手腕動作の終了時間が同時か、または、手腕動作が早く終了する場合、すなわち歩行動作が手腕動作の時限動作の場合をいう。ここでの歩行は、両足を揃えた状態で開始し、目的地点で両足を揃えた状態で終了する動作である。

2. 対象動作

歩行動作は、直進歩行動作、歩行開始時に体幹の回転を伴う歩行動作、歩行中に体幹の回転を伴う歩行動作、歩行終了時に体幹の回転を伴う歩行動作の4タイプに分類される⁹⁾。

また、軽量・小物品の組立作業を想定すると、そこでの動作シーケンスは Reach, Grasp, Move, Position, Release となる⁹⁾。

同時動作では、歩行中に体幹の回転を伴う歩行動作を除き、他の歩行動作と動作シーケンスとの対応が考えられる。

今回は、直進歩行動作 (以後、単に歩行動作という) と Reach 動作、歩行動作と Reach+Grasp 動作の場合を対象として同時動作の検討を行った。

3. 歩行動作と Reach 動作の同時動作の検討

3.1 実験1の内容

Reach 動作の時間影響要因は、移動距離のみであるので、一定の距離を作業台まで直進歩行させ、作業台上の目的地点 (MS 点) に手を伸ばす作業をモデル作業とした。

まず、被験者を作業台前に自然体で直立させ、肩の力を抜いて腕を直角に曲げた状態で作業台面との間隔が 2 cm になるように作業面高を設定し、次に作業台前面端から 5 cm 離れた床に両爪先を揃えた状態で立ち、右手の指を掴みの状態にして作業台前方向に最大限に伸ばした着地点 (最大作業域境界: 以下 MP 点という) を設定した。これらは、各被験者ごとに行った。

実験方法は、図1に示すように MP 点を基点とし、2 cm 間隔に内方向にマイクロスイッチを設置し、これを Reach 動作の目的地点とした。

同時動作可能の判定には、対象とした2つの動作の終了時間の測定が必要となるので、8 ch の荷重スイッチシステム装置を使用。FSR センサーを左右の踵および爪先に対応する靴の裏面に装着し、歩行動作の測定を行った。歩行動作

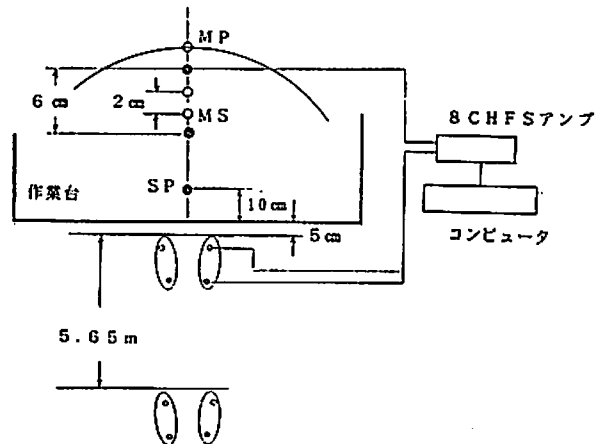


図1. 実験1および実験2のレイアウト概略

の終了時点は、遅れ足の踵あるいは爪先の着地時である。

Reach動作は、マイクロスイッチを荷重スイッチシステム装置に接続し、目的地点のマイクロスイッチをonした時点動作の終了時点として測定した。測定単位は10msで行った。1ch、2chは右足の踵および爪先、3ch、4chは左足の踵と爪先で、5chはマイクロスイッチである。荷重時を500に設定したので、立脚期には0となり、各動作の終了時間の読み取りが可能となる。

測定開始時点は、荷重スイッチシステム装置のデータ読みとり開始時点、すなわちトリガーを歩行の開始時とした。従って、ここでの測定値は、歩行動作はその動作時間となるが、Reach動作はその終了時刻となる。

被験者は男子学生6名。歩行および手腕動作は十分に習得したMTMペースで行わせた。被験者には、出来る限り歩行中に目的地点に手を接近させるように指示し、被験者ごとに同一条件で5個の測定値を得た。

3.2 結果と考察

実験は、手の最大到達距離であるMP点から行った。結果は、各被験者とも歩行動作終了時まで、目的地点とした手の最大到達点の測定点に手の到達が終了し、歩行動作時間はReach動作の時限動作となっていた。両動作時間の差の検定の結果、有意の差が認められた。したがって、歩行動作とReach動作は、同時可能であることが明らかとなった。

4. 歩行動作と Reach + Grasp 動作の同時動作の検討

4.1 実験2の内容

ここでも、実験1と同様に作業台へ一定の距離を直進歩行し、作業台上の目的地点の把握対象物体に手を伸ばし、これを掴む作業をモデル作業とした。

Grasp動作時間の影響要因は、把握対象物体の大きさおよびその物体の供給方法である。実験要因として、目的地点距離、把握対象物体にピンを採用し、ピン径を2、4、6、8φmmの4水準とした。ピンの供給方法は水平供給(ピンを寝せた状態で供給する方法)と垂直供給(ピンを立てた状態で供給する方法)とし、それぞれの供給方法ごとに目的地点でピンを供給した。

Grasp動作時間の終了は、ピンがピンの供給装置から離れた時点マイクロスイッチで測定した。測定方法は実験1と同一である(図1)。

実験方法は、実験回数を少なくするために、ピンの供給方法ごとに、先ず作業台正面端より10cmを基点とし、6cm間隔に外方向に目的地点を設定し測定を行った。次に、その結果に基づき、同時動作が可能であった目的地点と、その外方向の同時が不可能であった目的地点の間を、2cm間隔に4目的地点を設定し、同様の実験を行った。

4.2 結果と考察

各被験者ごと、供給方法ごとに、歩行動作時間と Reach+Grasp 動作時間の差の検定を行い、有意差が認められなかった目的地点を求めた。

垂直供給における結果は、ピン径 6 mm までは、MP 点で同時動作が可能であった。しかし、4 mm、2 mm とピン径が小さくなるに従い、同時可能な点は被験者の手前に接近してきた。

水平供給の場合では、この傾向はもっと顕著に見られた。両供給方法において、Grasp 動作の困難度（時間値が大きい動作）を反映し、困難度が小さい場合には、手の最大到達点でも同時動作が可能となるが、困難度が大きくなるに従い被験者の手前の目的地点でしか、同時動作が可能ではなくなっていくことが明らかとなった。

そこで、これらの結果から同時可能な目的地点の推定法について検討を行う。この同時動作可能な目的地点を、被験者前面台上の基点からの距離で見ると、上肢長により被験者間に大きな差異が見られる。

そこで、この差異を排除するために各被験者ごとに、基点から手の最大到達点までの距離を基準として、基点から同時動作可能な目的地点までの距離の比率を被験者ごとに求めた。結果は、図 2 に示す様に供給方法ごと、どの被験者もそれぞれのピン径に対して、ほぼ同じ傾向の比率として求められた。

次に、この結果に基づき供給方法ごとに、ピン径を変数として比率を求める回帰分析を行った。垂直供給の場合、ピン径 6 mm で比率が 1.0 (手の最大到達点で同時動作可能) となったので、ピン径 2 mm から 6 mm を対象とした。

分散分析の結果、両供給方法において高次変動が有意となったので、直交多項式回帰を行い、水平供給の場合は式(1)を、垂直供給では、式(2)を得た。

$$R_H = 0.008\phi^2 + 0.025\phi + 0.275 \tag{1}$$

ただし ϕ : ピン径 $2 \leq \phi \leq 8 \text{ mm}$

$$R_V = -0.011\phi^2 + 0.160\phi + 0.423 \tag{2}$$

ただし ϕ : ピン径 $2 \leq \phi \leq 6 \text{ mm}$

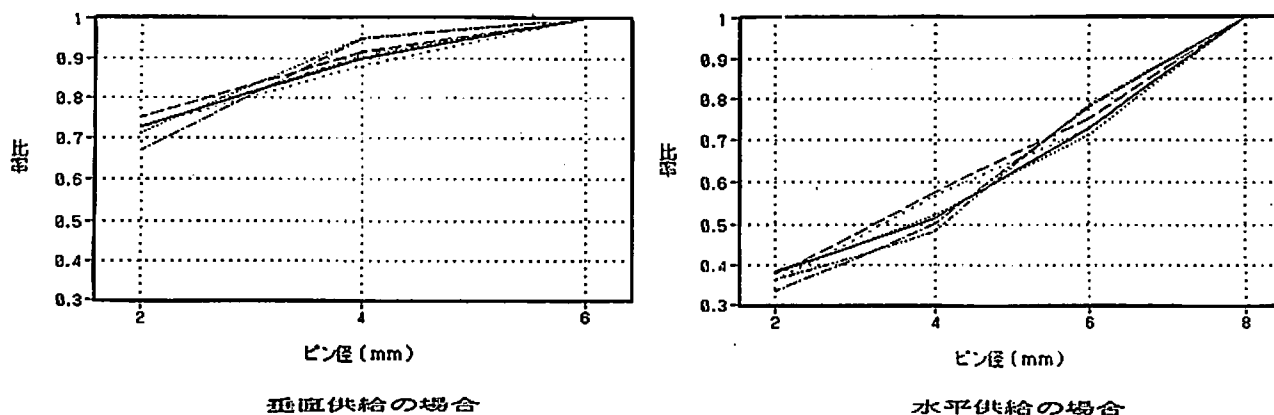


図 2. ピン径に対する距離の比率

5. 歩行と Reach+Grasp 動作の同時動作可能となる距離の推定

式(1)、(2)は比率を求める式であるから、同時可能となる距離を求めるには、手の最大到達距離が必要となる。この手の最大到達距離は、身長との相関が大であると推察されるので、作業者の身長が既知であれば、作業条件によって歩行動作と Reach+Grasp 動作との同時動作可能となる距離が推定可能となる。

そこで、身長から手の最大到達距離の推定について検討を行った。

5.1 手の最大到達距離の推定

手の最大到達距離は、台上前面に設置した基点(SP点)からの距離とした。被験者6名の身長と手の最大到達距離との関係を見ると、両者の相関は大であった ($r=0.949$)。回帰分析を行い式(3)を求めた。

$$MP=0.863t-106.61 \quad (3)$$

$$\text{ただし } t:\text{身長} \quad 160.8 \leq t \leq 177.1\text{cm}$$

5.2 同時動作可能となる距離の推定

式(1)、(2)と式(3)をそれぞれまとめると、ピンの供給方法ごとに、ピン径と作業者の身長が既知であれば、歩行動作と Reach+Grasp 動作が同時可能である距離を推定することが出来る。水平供給では式(4)、垂直供給では式(5)となる。

$$M_H=(0.008\phi^2+0.025\phi+0.275) \times (0.863t-106.61)\text{cm} \quad (4)$$

$$\text{ただし } \phi:\text{ピン径} \quad 2 \leq \phi \leq 8\text{mm}$$

$$t:\text{身長} \quad 160.8 \leq t \leq 177.1\text{cm}$$

$$M_V=(-0.011\phi^2+0.160\phi+0.423) \times (0.863t-106.61)\text{cm} \quad (5)$$

$$\text{ただし } \phi:\text{ピン径} \quad 2 \leq \phi \leq 6\text{mm}$$

$$t:\text{身長} \quad 160.8 \leq t \leq 177.1\text{cm}$$

6. お わ り に

歩行動作と手腕動作の Reach 動作と Grasp 動作との同時性の検討を行った。

以上をまとめると次のようになる。

1. 歩行動作と Reach 動作は同時可能であることが判明した。
2. 歩行動作と Reach+Grasp 動作については、作業条件と作業者の身長が既知であれば、同時可能となる距離が推定可能となった。

作業時間推定システムに従来考慮されていなかった作業者特性を考慮して考察を試みた。今回の結

果は、歩行動作と手腕動作で構成される作業システム設計に対し大いに有用と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 熊沢光正, 熊谷智徳：“椅座位作業から立位作業へ変わった女子作業者の自覚疲労の変化”日本経営工学会論文誌, pp.113-119, Vol.41, No.2 (1990)
- 2) 上田武人：「WF分析法」5版, 技報堂, (1956)
- 3) 林 茂夫：「メソッドタイム設定法」4版, 技報堂, (1966)
- 4) 井戸正敏, 加藤貞夫：“歩行動作時間の推定法に関する研究”, 日本経営工学会論文誌, pp.550-556, Vol.46, No.6 (1996)
- 5) 井戸正敏, 加藤貞夫：“簡単な作業時間計算法”, 日本経営工学会秋季大会予稿集, pp.165-166, (1990)