

MTM, WFの歩行動作時間について

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)

31

(開始ページ / Start Page)

35

(終了ページ / End Page)

41

(発行年 / Year)

1995-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003820>

MTM, WFの歩行動作時間について

井戸正敏*

Walking Motion on MTM and WF

Masatoshi IDO

Abstract

This paper deals with the time estimate for the walking. Walking under the TAKOUTEIMOTI (Multi-process) working system are classified four type motions. Type 1 is the walking motion of turning the body at starting, type 2 is straight walking motion, type 3 is the walking motion of turning the body at the end point and the last type is the walking motion of turning the body during a walk.

The characteristics of four type walking motions are considered through four experiments. From above results, the estimated equation can be derived in which three variables are included the distance walked, the angle of turning the body at starting and on walking.

The deficiency of MTM and WF analysis are evidenced in these experiments by comparing the walking motion on MTM and WF with four type motions, and then the time tables of the walking motion are proposed to cover the deficiency.

§1 緒 言

今日、多工程持ち作業システムの普及や、作業システムの特長から、椅座位作業を立位作業への転換により、歩行動作が多く行われる様になって来ている[1]。

従来、作業管理の対象としての歩行動作は、軽量・小型製品の加工・組立において、必ずしも望ましい動作とはされず、手腕動作に比し重要視されて来なかった。

したがって、既存のPTS法、特に一般に多く普及しているMTM法やWF法における歩行動作の扱いは、手腕の諸動作に対するほど精緻化されておらず、分析上歩行動作の対応は十分とは言えない。

歩行に関する研究は、運動の力学的、生理学的、解剖学的研究或いはリハビリ工学等の分野において多くの報告が見受けられる。作業管理の観点からは、熊谷、小黑、坂崎らにみられるが[2, 3, 4],

*経営工学科

これらの研究対象は、直進歩行のみである。生産の場では、諸々の形態の歩行動作が発生するが、これらに関する研究は見あたらない。

そこで、本研究は、歩行動作が不可欠な多工程持ち作業システムのもとで発生する歩行動作を対象として、その歩行動作を分類し、時間の特性を明らかにすることにより、その時間の推定法について考察し、MTM、及びWFの不十分な点を指摘し、その点を補完することを目的とする。

§2 歩行動作のタイプ

多工程持ち作業システムでは、作業者は作業台（機械：WS）の正面に向い合った状態から次のWSへ体幹を回転しながらの歩行を行う。この際、WSの配置により、真直ぐ歩くか、曲がって歩く場合がある。到達時では、WSの正面に体幹を向ける歩行が生じる。ここで、歩行動作の1シーケンスが終了し、多工程持ち作業システムではこのシーケンスが繰り返されることになる。これらの歩行動作を、次の4つのタイプに分類する。

1. 歩行開始時に体幹回転を伴う歩行動作
2. 歩行開始時に体幹回転を伴わない歩行動作（直進歩行動作）
3. 歩行終了時に体幹回転を伴う歩行動作
4. 歩行中に体幹回転を伴う歩行動作（曲進歩行動作）

この4タイプの歩行動作が、ここでの研究対象となる。

§3 歩行動作時間の特性

4タイプの歩行動作時間の特性を明らかにするために、次の4実験を行った。

3.1 歩行動作時間の測定

ここでの、歩行動作は両足を揃えた状態で開始し、終了するようにした。歩行距離に対する歩行動作時間の推定は、歩数（歩）、或は単位距離（m）を単位とするが、前者の場合、歩幅（標準歩幅）の設定や、端数歩が生じる等複雑な構造となる。ここでは単位距離当りの歩行時間で推定法を検討する。

歩行動作時間の測定は、荷重スイッチシステム装置（電気計測株）を使用。FSRセンサーは、踵及び爪先に対応する靴の裏面に左右それぞれに装着し、4チャンネルのデータを取得した。歩行動作時間は、踏み出し足の踵か爪先の早い方の離地時点から、遅れ足の踵か爪先の最終着地時点までとした。計測データは20msである。

被験者は男子学生3名を採用した。歩行ペースを習得するためにMTMペースで約二ヶ月間にわたり訓練した。実験は同一条件で3回ずつ繰り返し、3回のデータの平均値を1個のデータとし、被験者数を繰り返し数とし統計処理した。

3.2 実験1：タイプ1の歩行開始時に体幹回転を伴う歩行動作について

作業台（A）の正面に向いペグボート作業を行い、終了後作業台（B）に向い体幹を回転しながら歩

行を開始し、作業台(B)でワンホールテストを行う作業がモデルである。実験要因は、歩行距離1, 2, 4, 6, 8mの5水準、体幹回転角度90, 120, 150, 180°(但し、180°は真後の方向)の4水準、体幹回転方向右、左廻りの2水準とした。結果は、歩行時間は距離に直線的に比例して増加し、回転角度はどの距離においても同程度の効果を示す傾向が見られた。回転方向には、顕著な差異は見られなかった。分散分析の結果、歩行距離及び体幹回転の角度要因は有意となり、他は有意な差は認められなかった。したがって、この歩行動作はこの二要因に影響を受ける特性であることが判明した。

3.3 実験2: タイプ2の歩行開始時に体幹回転を伴わない歩行動作について

被験者正面に設置された作業台への歩行がモデルである。実験要因は歩行距離、1, 2, 4, 6, 8mの5水準である。結果は、歩行距離の増大に伴い歩行時間は増加し線形傾向が示された。分散分析の結果は高度に有意であった。

3.4 実験3: タイプ3の停止時に体幹回転を伴う歩行動作について

4mの距離を歩き、体幹を回転させ作業台の正面に向き、ワンホールテストを行う作業がモデルである。実験要因は、体幹回転角度を0(作業台正面方向)、30, 60, 90°の4水準、回転の方向を右、左廻りの2水準とした。結果は、各水準間の組合せの場合にも、歩行動作時間はほぼ同じ時間の傾向が見られた。分散分析の結果、両要因及び交互作用に有意な差は認められなかった。この歩行動作時間は、回転角度、回転方向に影響されない特性であることが判明した。

3.5 実験4: タイプ4の歩行中に体幹回転を伴う歩行動作について

半円周上の歩行がモデルである。実験要因は、半円周の長さ(曲進距離)とし、実験2の歩行距離と同じ5水準、体幹回転方向を右、左廻りの2水準とした。結果は、歩行距離に従い歩行時間は線形に増加傾向を示し、体幹回転は見られなかった。分散分析の結果、体幹回転の大きさを示す曲進距離のみが有意となり、他は有意な差が認められなかった。そこで、実験2の直進と曲進歩行動作時間の差異を検討する。各距離ごとの両者の差は、距離が長くなるに従い直線的に減少傾向が見られた。差の検定では、6mまでは両者の間に有意な差が認められ、8mでは有意な差は認められなかった。この歩行動作は、半円周の距離が6mまでは体幹回転の影響を受けるが、8mではその影響をうけず、直進歩行動作と何ら変わらない特性であることが判明した。

§4 歩行動作時間の推定

4.1 歩行開始時に体幹の回転を伴う歩行動作時間の推定

歩行距離(L)と体幹の回転角度(D)が、この歩行動作時間の影響要因であることが明らかとなったので、これらの2要因を変数とし、さらに実験2の結果を回転角度0度の場合としたデータを含めて重回帰分析を行った。その結果、式(1)を得た。

$$T_1 = 46.27 + 31.61L + 0.08D \quad (1)$$

4.2 歩行開始時に体幹の回転を伴わない歩行動作時間の推定

この歩行動作は、歩行開始時に体幹の回転角度が0度の場合であるから、式(1)の第3項を削除し

た式 (2) となる。

$$T_2 = 46.27 + 31.61L \quad (2)$$

4.3 停止時に体幹の回転を伴う歩行動作時間の推定

停止時における体幹の回転は歩行動作時間値に影響を与えないことが明らかとなったので、この歩行動作時間の推定は、直進歩行動作時間の推定式、式 (2) で対応可能となる。

4.4 歩行中に体幹回転を伴う歩行動作時間の推定

同一歩行距離の直進歩行動作時間より、体幹回転に要する時間だけ、大きな時間となることが明らかとなったので、直進歩行動作時間にその増分時間を付加して求められる。そこで、各歩行距離ごとの両者の差に対し回帰分析を行い、式 (3) を得た。

$$t_1 = 15.68 + 2.10\ell \quad (3)$$

ところで、曲進歩行距離 (ℓ) は半径 (r) と円周率 (θ) で表す方が、有効性が高いのでそれを変数とする式に直す。

$$t_2 = (15.68 - 2.10\pi r) \theta / 180 \quad (4)$$

よって、歩行中の体幹回転を伴う歩行動作時間の推定式は、式 (5) となる。

$$T_3 = T_1 + t_2 \quad (5)$$

4.5 歩行動作時間の推定式

以上の結果をまとめると、多工程持ち作業システムで発生する歩行動作時間は、次式によって推定可能となる。

$$T = 46.27 + 31.61L + 0.08D + (15.68 + 2.10\pi r) \theta / 180$$

ただし L : 歩行距離 $1 \leq L \leq 8\text{m}$ D : 開始時の回転角度 $0 \leq D \leq 180^\circ$

r : 曲進距離の半径 $1/\pi \leq r \leq 180/\pi$ θ : 円周率 $0 \leq \theta \leq 180^\circ$

§5 MTM WF の歩行動作時間の検討

4タイプの歩行動作について、MTM及びWFの歩行動作時間との対応を検討する [5, 6]。タイプ1の歩行動作は、歩行開始時の歩行を伴う体幹回転とその後に続く歩行動作で構成される複合動作である。MTMでは、停止した状態での体幹回転動作 (TBC1, TBC2) があるが、歩行を伴う場合は対応がない。したがって、この動作を考慮する必要がある。MTMにおける手腕動作の時間値は表で与えられているので、ここでもそれにならい、歩行開始時に体幹回転を伴う動作時間として表1を提案する。

WFでは、歩行を伴う回転として $120 - 180^\circ$ のみ 100WFU を与える。この時間値は推定値と比較すると二倍強とかなり大きく、さらに、推定値では 90° と 180° では二倍の差がある。これらのことから、複数の段階に区分する改訂が必要であろう [表2]。

タイプ2の歩行動作については、MTMは競技用トラックで定常時歩行のデータであり、加速と減速に要する時間が考慮されていないという批判がある。

熊谷は、実験結果より加速・減速に要する時間(スタートとストップによるオクレ時間)は、ほぼ一定で0.8~1.2秒までの間にばらつくとし報告している[2]。推定式では、0.93となりこの範囲に入る。WFでは、歩行時間式 $120 + 80 \times \text{歩数}$ における定数項120WFUがこれに相当すると考えると0.72秒となり、MTMペースになおすと0.90秒で、三者はほぼ一致する。これらの事を勘案し、MTMに対しては、推定値の25.8TMUを定数項として加えることを提案する。この定数項に関しては、推定値の場合、歩行終了時点では、踏み出し足の着地点で歩行距離が決まり、遅れ足を踏み出し足に揃える距離は、歩行距離に影響しないので、この両足揃えの時間が含まれていると考えられる。WFでは、この足の揃え時間はL30で分析され81WFUである。したがって、定数項120WFUは、この両足揃えの時間とその差39WFUの加速・減速によるオクレ等を含む時間ではないかと推察される。この点では、両法において、歩行動作の定義の不十分さが指摘されよう。

タイプ3の歩行動作は、体幹回転及び回転方向が時間に影響しないので考慮する必要はないが、作業改善等のためには分析記号を設け、分析することが望ましいと考えられる。

タイプ4の歩行動作は、MTMでは考慮されていないので、タイプ1の歩行動作と同様に時間表として表3を提案する。

WFでは、この歩行動作を歩行を伴う回転として分析するには、回転の角度条件のみでは不十分であり、回転の大きさの条件が必要となる。推定式は、これらの条件が考慮されているので、推定値をWFペースに換算し時間表として表4を提案する。

§6 結 言

多工程持ち作業システムのもとで発生する歩行動作を4つのタイプに分類し、それぞれのタイプの歩行動作時間の特性を明らかにし、その推定式を提案した。さらに、分類した4タイプの歩行動作とMTMとWFの分析と対比することにより両法における分析の不十分な点を指摘し、時間表を提案することにより、その対応を可能にした。

ここでは、多工程持ち作業システムでの歩行動作を対象としたが、これらの歩行動作は、一般の生産の場でも多くみられるものである。提案した推定式及びMTM・WFに対して提案した時間表等は、歩行動作を伴う作業のシステム設計において有効であると考えられる。

表1. MTM法の歩行開始時の体幹回転時間表

体 幹 回 転 角 度 (°)					
40	60	90	120	150	180
8	13	20	26	33	39

(TMU)

表2. WF法の歩行開始時の体幹回転時間表

体幹回転角度 (°)							
75	90	105	120	135	150	165	180
16	19	22	26	29	32	35	38

(WFU)

表3. MTM法の曲進歩行動作時間

歩行距離 (半径) (m)	体幹回転角度 (°)									
	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1 (0.32)	2.0	2.5	3.1	3.8	4.4	5.0	5.7	6.3	6.9	7.5
2 (0.64)		2.0	2.6	3.1	3.7	4.3	4.8	5.3	5.9	6.4
3 (0.96)			2.0	2.5	3.0	3.5	3.9	4.3	4.8	5.2
4 (1.27)				2.0	2.4	2.7	3.0	3.4	3.7	4.1
5 (1.59)						2.0	2.2	2.4	2.6	2.9
6 (1.91)										2.0

(TMU)

表4. WF法の曲進歩行動作時間

歩行距離 半径 (m)	体幹回転角度 (°)														
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1 (0.32)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
2 (0.64)		8	10	12	14	15	17	19	20	22	24	25	27	29	31
3 (0.96)			8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24	25
4 (1.27)				8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5 (1.59)								8	9	10	11	12	12	13	14
6 (1.91)														8	8

(WFU)

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” 日本経営工学会誌 P113-119 VOL.41 No.2 (1990)
- [2] 熊谷智徳：“メソッドエンジニアリングに関する研究(1) -歩行時間について-” JIMA P33-36 No.19 (1959)
- [3] 小黑芳雄：“片手持ち型および肩かつぎ型運搬作業における歩行幅,歩行時間および歩行速度に関する比較研究” 日本経営工学会誌 P28-33 VOL.36 No.1 (1985)
- [4] 坂崎春樹,八田一利：“歩行時間の標準に関する研究 -第一報 成人男子の正常歩行-” 日本経営工学会秋季研究発表会予集稿 P194-195 (1982)
- [5] 上田武人：WF分析法 5版 技報堂 P227-237 (1956)
- [6] 林茂彦：メソッドタイム設定法 4版 技報堂 P139-158 (1966)