

デジタルセルシステムによる生産効率化 On productivity improvement by digital cell system

酒巻絵美 鈴木涼介 西川昌宏 石井信明
Emi Sakamaki Ryosuke Suzuki Masahiro Nishikawa Nobuaki Ishii

神奈川大学 工学部
Faculty of Engineering, Kanagawa University.

要旨

セル生産方式で用いられるデジタルセルシステムでは、組立手順などを示した作業ファイルの作成が必要となる。本報では、PTS法による標準時間設定とビデオ分析により収集する作業データを基に、作業指示と効率の良い組立手順からなる作業ファイルを作成する方法を示す。さらに、作業者の習熟度に応じて作業指示を変更することで作業の効率化を図る方法を検討する。予備的な実験とその成果、今後の課題を示す。

1. はじめに

デジタルセルシステムは、未熟練者でもセル生産方式による生産が効率的に行えるように開発された [1]のもので、情報システムを用いたセル生産の仕組みと言える。しかし、未熟練者用に用意されているポカよけ防止のピッキングスイッチ、トルクセンサなどの機能は、作業に習熟した熟練作業者が使用する場合にはむしろ不要な作業を増やし、ムダに繋がってしまう。

本報では、PTS (Predetermined Time Standard System)法[2][3]による標準時間設定とビデオ分析により収集する作業者の作業方法、作業時間データを基に、効率の良い作業指示と組立手順からなる作業ファイルを作成する方法、および、作業者の習熟度に応じて作業指示を変更することで作業のムダを取り除き、デジタルセルシステムの効率化を行うための、計画と運用方法を検討する。

2. 研究目的と研究方法

昨今のグローバル化は、企業に多様な環境でのモノ作りの能力を求めている。その力を備えるには、情報システムの活用が欠かせない。本報では、多品種生産に柔軟に対応すると言われるセル生産に情報システムを組み合わせたデジタルセルシステムを取り上げ、デジタルセルシステムによる生産の効率化を目的とした作業の設計・運用方法を検討する。

研究の成果として、グローバル化の進む中において多様な人的資源に対応した効率的な少量多品種生産の実現、あるいは、障がい者の社会参加機会増加への対応が期待出来る。

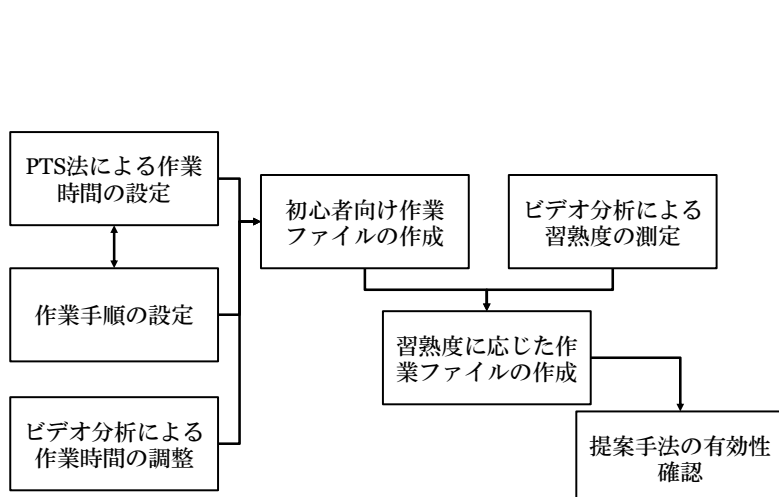


図1 研究手順の概要



図2 デジタルセルシステムの全景

図1に、研究の大まかな手順を示す。また、実験に用いるデジタルセルシステムを図2に示す。

デジタルセルシステムでは、作業指示や組み立て手順を示した作業ファイルを作成し、図2右やや上に示す作業画面に表示する事が出来る[4]。作業者は、作業画面に表示される指示に従い、作業を行う。作業が正確に行われたか、あるいは、正しい部品を選んだかなど、作業指示と作業結果の確認は、各所に設けられたピッキングスイッチ、バーコードリーダーを用いて行う。

本報では、このデジタルセルシステムを用いて、作業者の習熟度に応じて作業ファイルの内容を変更し、作業画面に表示する作業手順・指示を変えることで、セル生産における生産の効率化を図る。習熟度に応じて作業指示を変更するために、習熟に対応した作業者への最適な作業指示を検討する。

作業ファイル作成をするには、初めに作業指示書を作成し標準時間を決めることになる。そのため各作業要素にかかる時間を調査し、標準時間を決める。本報では、標準時間の設定にPTS法[2][3]を使用する。PTS法は熟練作業者の標準時間を計算する方法であるため、未熟練者に向けた標準時間を計算できない短所がある。そこで、習熟度に合わせた標準時間を決める方法として、PTS法と合わせてビデオ分析を用いる。

ビデオ分析には、業務最適化ソフトウェアOTRS (Operation Time Research Software、<https://www.otrs.jp/>)を用いた分析を行う。OTRSは、映像による動作分析、時間分析などの機能により、生産・製造現場の作業時間短縮・省力化・コスト低減ができるソフトウェアである[5]。ビデオ分析だけで標準時間を決める場合、作業者によって作業時間に大きなばらつきが生じるため、多くの被験者が必要となる。PTS法とビデオ分析、それぞれの特徴を活かし、本報ではそれらを併用した方法を用いる。

そのための準備として、求めた各作業の標準時間を基に、標準時間を作業順に並びかえるプログラムを開発する。これにより、ビデオ分析を参考にした新しい手順書の作成、あるいは、作業の流れの変更などによる作業手順変更に対しても即座に標準時間を求めることができる。

また、繰り返しビデオ分析を行うことで作業者の習熟に関するデータを収集し、習熟度に応じた作業指示の仕方について検討を行う。

3. 実験方法

デジタルセルシステム用の作業ファイル作成をするには、初めに作業指示書を作成し、標準時間を決めなくてはならない。本報告では、図3に示すオルゴールの組立作業を対象に各作業要素にかかる時間を調査し、標準時間を決める。標準時間の決定方法について、手に持った重さ1kg以下のオルゴールを作業台へ80cm移動する場合を例として、表1に求めたRWF (Ready Work-Factor) タイムテーブルを示す[6]。RWFは、PTS法の中で広く使われているものである。また、その計算過程を以下①～⑥に示す。



図3 実験用オルゴールの部品

表1 RWF タイムテーブル (計算例)

		ワーク・ファクター				
移動		0	1	2	3	4
指(重量限界、Kg)		-0.5	-1.0	-1.5	-2.5	>2.5
腕(重量限界、Kg)		-1.0	-2	-3	-5	>5
-10cm	A	2	3	4	5	6
-25cm	B	4	5	6	7	8
-50cm	C	5	7	9	11	13
-75cm	D	7	9	11	13	15
-100cm	E	9	11	13	15	17

- ① 使用する身体部分は「腕」、移動距離は「-100cm」で「クラス E」となる。
- ② ワーク・ファクター数は「腕」の欄を右に進み、1kg 以内なので「-1.0」であり、そこを上に行くとワーク・ファクター数は「0」となる。
- ③ 停止(D) : 『停止』のワーク・ファクターは5cm を超えるゆとりの範囲内に動作を停止させるときに必要である。大まかな場所への移動で「一定の停止」が必要なため「1」となり、重量のワーク・ファクター「0」と合わせて「1」となる。
- ④ 移動距離は「クラス E」、合計ワーク・ファクター数は「1」で「E-1」となる。
- ⑤ 表からランク「E」を横軸に取り、ワーク・ファクター数「1」を縦軸に取った交点の「11」が求める時間値である。
- ⑥ 1 kg以下のオルゴールを大まかな位置の作業台へ90 cm移動する時間値は11RU となり、1RUは1/1000 分で0.66 秒である。

上記のように計算をして完成した作業指示書の一部を、表2に示す。

表2 作業分析結果 (一部)

工程数	手順書	作業	記号	動作分析	時間(RU)	工程ごとの累積	時間 (UR×0.06)	工程毎の時間
1	光っているセンサーにさわると次の作業にすすめるよ	ビックキングスイッチに手を延ばす	移動(30cm)	C-1(D)	7	7	0.42	0.72
		ビックキングスイッチをおす	掴む	3-V	5	12	0.3	
2	セル生産でオルゴールをつくってみよう	ビックキングスイッチをおす	掴むGr	3-V	5	5	0.3	0.3
3	パーツ皿から矢印が示している本体パーツをとろう	セルに手を延ばす	移動R(80cm)	E-1 (D)	11	11	0.66	1.44
		オルゴール本体を掴む	掴むGr	2-V	3	14	0.18	
		セルのビックキングスイッチに手を延ばす	移動R(10cm)	B-1(D)	5	19	0.3	
		ビックキングスイッチをおす	掴む	3-V	5	24	0.3	
4	本体パーツをテーブルにおいてください	作業台に持ってくる	移動M(80cm)	E-1 (D)	11	11	0.66	1.44
		手をはなす	放すRI	0-	1	12	0.06	
		ビックキングスイッチに手を延ばす	移動R(30cm)	C-1 (D)	7	19	0.42	
		ビックキングスイッチをおす	掴む	3-V	5	24	0.3	
5	パーツ皿から振動版をとろう	ネジ台に手を延ばす	移動R(20cm)	B-1(D)	5	5	0.3	1.62
		振動版をつかむ	掴む	3-V	5	10	0.3	
		作業台にもってくる	移動M(20cm)	B-1(D)	5	15	0.3	
		ビックキングスイッチに手を延ばす	移動R(30cm)	C-1 (D)	7	22	0.42	
		ビックキングスイッチをおす	掴む	3-V	5	27	0.3	

工程のムリ、ムダがないかを確認するため、デジタルセルシステムにオルゴール生産用に作成した作業工程のファイルを設定し、被験者による作業をビデオ分析により検討する。ビデオ分析の結果の一部を表3に示す。たとえば表3のNo.20「画面確認」では、1.73秒を要していることがわかる。

表3 ビデオ分析結果（一部）

No.	要素名	種別1	要素		動作		無効	
			Time	%	Time	%	Time	%
10	画面確認		2.20	1.61	2.20	1.61	0.00	0.00
11	手を伸ばす		0.76	0.56	0.76	0.56	0.00	0.00
12	押す		1.03	0.75	1.03	0.75	0.00	0.00
13	画面確認		1.70	1.25	1.70	1.25	0.00	0.00
14	振動版手を伸ばす		0.70	0.51	0.70	0.51	0.00	0.00
15	握む		0.36	0.26	0.36	0.26	0.00	0.00
16	持ってくる		0.56	0.41	0.56	0.41	0.00	0.00
17	手を伸ばす		0.10	0.07	0.10	0.07	0.00	0.00
18	押す		0.13	0.09	0.13	0.09	0.00	0.00
19	画面確認		1.66	1.22	1.66	1.22	0.00	0.00
20	向き確認		1.73	1.27	1.73	1.27	0.00	0.00
21	組み合わせ		1.30	0.95	1.30	0.95	0.00	0.00
22	手を放す		1.03	0.75	1.03	0.75	0.00	0.00
23	向きの間違い		3.30	2.42	3.30	2.42	0.00	0.00
24	手を伸ばす		0.73	0.53	0.73	0.53	0.00	0.00
25	押す		0.33	0.24	0.33	0.24	0.00	0.00

上記の実験結果に基づき、各作業の標準時間を作業工程順に並びかえるプログラムを開発する。各作業の標準時間を作業工程順に並びかえるプログラムは、デジタルセルシステムでの作業指示や組み立て手順のファイルを作成する指標に用いる。このプログラムを用いて作業分析とビデオ分析の比較を行い、作業ファイルを改善する。ビデオ分析には個人差が生まれるため複数人のデータが必要である。今回は予備的な実験として、4名の被験者からデータを収集した。

4. 実験結果

作業分析においてPTS法により求めた作業時間と、未熟練者4名の平均作業時間との差を工程毎に比較する。図4に、両者の工程別の作業時間を示す。なお、図4において、平均値は被験者4名の平均値であり、その最大最小値をエラーバーに示す。

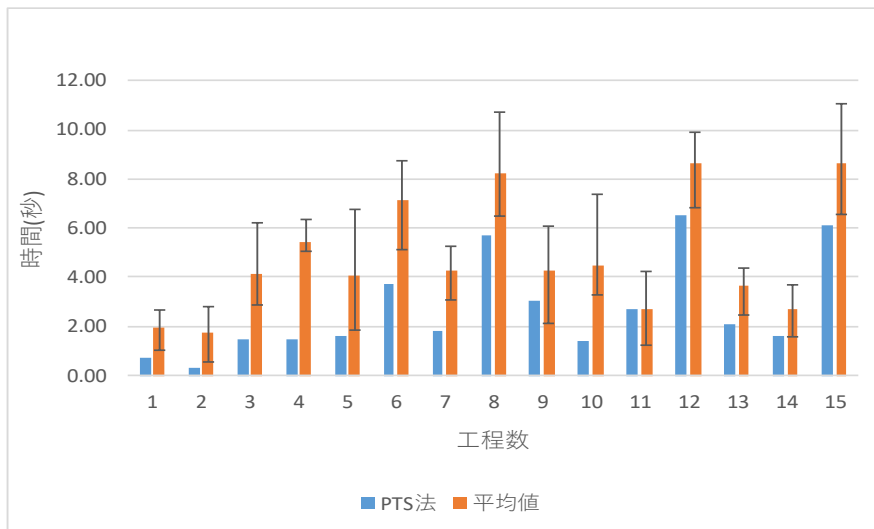


図4 PTS法とビデオ分析の作業時間の比較

オルゴール生産の作業指示は15工程からなり、5工程目の「パーツ皿から振動版をとる動作」と14工程目の「パーツ皿から巻きネジをとる動作」は、その作業内容が同じと言える。そこで、5工程目と14工程目を比較し、どのような違いが生じたかを検討する。図5に、両工程における4名分のビデオ分析結果を示す。

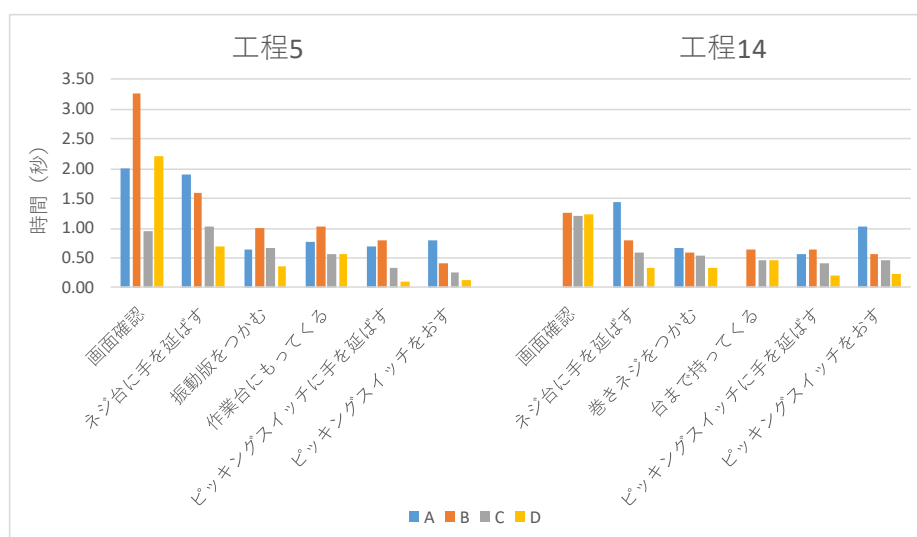


図5 被験者4名のビデオ分析結果

5. 考察

図4に示す様に、PTS法による作業時間の値は、ビデオ分析により収集した値より短時間である。たとえば、作業8では、PTS法による作業時間の値は5.70秒であるが、ビデオ分析により収集した値は、8.25秒となり、ビデオ分析の作業時間が31%PTS法より長い。これらのことから、未熟練者向けの作業ファイルにおいては、標準時間に大きな余裕をもたせる必要がある。また図5から、被験者により作業時間に大きな差があることがわかる。たとえば、工程5の被験者AとBについて、「画面確認」に1.26秒(39%)の違いが生じている。

さらにビデオ分析の結果、図5に示す様に、作業が類似している14工程目の作業では、5工程目の作業に比べて習熟によると思われる作業時間の短縮が見られる。またビデオ分析では、同一被験者が実験回数を重ねることで、たとえば両手を使用するなど、作業指示とは異なる作業を行い、作業時間の短縮を行う例もみられた。これらのことから、効率的な生産には作業員個々人の習熟状況に応じた作業ファイルの変更が必要と言える。また、作業員自らの工夫による効率化をビデオにより分析し、作業ファイルにフィードバックする方法の有効性を示唆している。

6. まとめと今後の課題

本報では、セル生産に情報システムを組み合わせたデジタルセルシステムを取り上げ、デジタルセルシステムによる生産効率化を目的とした作業の設計・運用方法を検討し、実験結果を示した。

結果の考察から、課題として下記が上げられる。

- ① 習熟度を考慮した作業分析を見直す必要がある。PTS法による標準時間は熟練作業員の作業時間であるため、未熟練者用の作業ファイルを作成する際には標準時間の設定を長めにとる必要があるが、実際の運用にあたっては個々人の特性に応じた値の設定方法を検討する必要がある。
- ② 習熟に応じた作業ファイルの変更について、そのタイミング、作業ファイルの内容などを検討する必要がある。

今後は、実験の結果から得られた上記の課題を反映した未熟練者用ファイルを作成させた後に熟練者用ファイルを作成し、未熟練者と熟練者をビデオ分析で比較しながら習熟度に合わせた作業指示変更の方法とその有効性の検証を行う。また、オルゴール生産よりも複雑な対象としてPC組立を取り上げ、データの収集と手法の検証を行う。

参考文献

- [1] 善本哲夫, 「中堅・中小企業の現場能力構築とFA・IT」, 立命館経営学, 2013
- [2] 神奈川大学工学部経営工学科, 実験演習 I テキスト, 2016
- [3] 村木正昭 (監修), 石井信明, 原田博幸, 峯尾啓司, 吉田透, 吉竹弘行, 布施憲夫, 増井伸博 (編修), 「工業管理技術 新訂版」, 実教出版, 2016
- [4] 鈴木邦成, トコトンやさしい物流の本, 日刊工業新聞社, 2015, p.116
- [5] 株式会社ブロードリーフ, OTRS10 インストールマニュアル, 株式会社ブロードリーフ, 2016
- [6] 吉田良耿, RWF 法 (Ready Work-Factor) とは, http://www.atac.ne.jp/others/rwf_1.pdf, (参照 2017-11-14)