モニタによる生産工程の相互支援 IoT システム

Mutual support IoT system for production process by monitor

山下敬寛*¹ 藤川裕晃*¹ 川越敏昌*²
Takahiro YAMASHITA Hiroaki FUJIKAWA Toshiaki KAWAGOSHI
*¹ 法政大学経営大学院 Hosei University Business School
*² 佛Rivercrotech Rivercrotech Inc.

要旨: 検証先のコンクリート二次製品工場では生産計画の達成率が 70%と低く残業が多くなっている. これは完成品在庫とコストの増加に繋がっている. 調査の結果 4 工程の作業時間が品目毎にバラついていることにより、各工程で約 20%と多くの待ち時間が発生していることがわかった. そこで、4 工程の作業時間を品目毎に一定にしたタクト生産を導入し、各工程でのパレットの滞在時間を IoT センサと Google スプレッドシートで測定、計算し、全作業者に進捗度合をモニタに示し、助けに行ける様に工程を見える化した. この仕組みにより、タクトタイムに合う様に作業者間で相互に手伝えるようになった. 現場でこのシステムを構築し、検証した結果、生産時間が 25.5% 改善した.

キーワード: コンクリート二次製品, タクトタイム, IoT, Google スプレッドシート

Abstract: At the secondary concrete product factory that was a test demonstration site, the achievement rate of the production plan was as low as 70%, and overtime and work on holidays increased. This leads to increased finished goods inventories and costs. As a result of the investigation, it was found that the working time of the four processes varies for each item. Therefore, we introduced tact production in which the work time of the four processes is fixed for each item, and the pallet stay time in each process is measured and calculated with IoT sensors and Google spreadsheets, and the progress is monitored by all workers. We made the process visible so that I could show and help. With this system, workers can help each other to meet the tact time. As a result of building and verifying this system on site, the production time improved by 36.2%.

Keywords: Concrete secondary product, tact time, IoT, Google Spreadsheet

1. 序論

1.1. 目的

川越[1]は、コンクリート二次製品工場でネック工程となっていた養生促進工程を IoT や画像処理を導入して工程時間短縮と管理者の作業を代替するシステムを構築し、コスト削減に成功している。しかし、5 工程の内の1 工程での部分最適にとどまっており全体最適までは実現していない。コンクリート二次製品工場の工程としては①コンクリート脱型②型枠の清掃と組立③コンクリート打設⑥コンクリート表面の小手均し⑤養生促進の5 工程である。

工場全体を考えた全体最適を行うためにコンクリート二次製品工場の訪問調査により課題抽出を行い、デ

ジタル技術を手段とした課題解決手法を考案し、課題 解決に向けた全体最適システムのプロトタイプの製作 を行う. また、プロトタイプによる実証試験及び効果 検証を行った.

1.2. 背景

政府はDX (デジタル・トランスフォーメーション) 化の推進を日本経済再生の切り札としているが、 実行は覚束ない状態である. 理由として、デジタル技 術を導入する利点が分かりづらいことが挙げられる. 第四次産業革命が世界的に進んでいるが、IoT や

AI、ビックデータといった技術をコンクリート二次

製品工場に導入している事例は報告されてない. IoT

の機器については安価なマイクロコンピュータがあり、モニタについても安価なタブレットが普及している. システムについても、Google やMicrosoft、amazon など安価に活用できる機会がある.

1.3. 先行研究

岡田[2]は、各作業者のタクトタイムにバラつきが あれば作業の再配分を行ってタクトタイムを揃えムダ をなくしていく改善が必要だと論じている.

坂本ら[3]は、工程間の助け合いによりラインバランスの編成効率の最適化手法を提案している.

加工組立ラインで生産性向上を行う理論について は、タクト生産方式やラインバランシングを利用した 助け合い作業の最適配置による事例はあるが、ハンド リングの難しいコンクリートの製品生産ラインへの適 用による効果実証までは至っていない.

Thiago F, Joao[4]は、RFID により生産時間の見える化を実施することで、各工程でのバラつきがあるサイクルタイムを把握し、タクトタイムに近づけることでラインバランスを改善し、生産していない時間の短縮の検討を行った。検証先企業では、RFID を採用すると、バーコード読み取りの作業が増えるため作業負担のない仕掛けで行った。

2. コンクリート二次製品工場(検証先)

検証先の生産ラインのレイアウトを図1に示す.

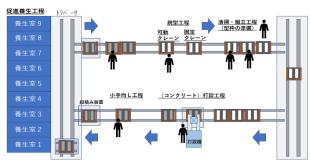


図1 生産ラインレイアウト

2.1. 生産上の前提条件

- (1) 生産ラインの前提条件
- ・製品の入る型枠がパレットに乗せられコンベアで工 程内を移動する
- ・機械化されている(打設機,促進養生室,搬送台車(トラバーサ),クレーン)
- ・機械操作は人手に頼っている
- ・生産品目と生産順序は既知である
- ・製品の形状及びサイクルタイムが品目により異なる

(2) オペレーションの前提条件

- ・サイクルタイムが違うことで、ボトルネック工程に パレットが滞留する
- ・現工程にパレットがなくなるか,次工程にパレット が送れなくなるまで生産継続する
- ・現工程で生産継続できなければ他工程に応援に行く
- ・監督者は品質検査のタイミングで現場巡視し適時指示を出す.

2.2. 生産プロセス

工場の1日の流れとしては、前日に促進養生室に入れているパレットを取り出し、①脱型(型枠からコンクリートを取り出す)②清掃・組立(型枠を清掃して鉄筋をセットする)③打設(型枠にコンクリートを流し入れる④小手均し(最後の仕上げとして型枠に入れたコンクリートの表面を綺麗に整える。最後にパレットを促進養生室に入れて当日の作業を終えて、翌朝に促進養生室に入れているパレットを取り出す。

2.3. 問題点と課題の抽出

工場の動画撮影を各工程(小手均し工程を除く)に 撮影機材を置いて1日行った. 結果を整理すると次の 通りである.

・各工程のサイクルタイムにばらつきがある 脱型:8分 清掃・組立:9分 打設:6分

・工程の作業がない時間が合計:4時間3分と多い

脱型:28分 清掃・組立:1時間50分

打設:1時間45分

以上より、サイクルタイムのばらつきが工程毎の待ち時間増加につながっている. 1日の業務時間から待ち時間を除すると業務時間内に工程全体で約20%の待ち時間が生じていることになる.

よって、サイクルタイムのばらつきを抑え、待ち時間を減らしムダを削減しなければならない.

3. 課題解決手法

サイクルタイムのばらつきを抑えるため、各工程を 同じ時間で生産を行うタクト生産方式を採用する.

タクト生産方式を実現するために、IoT機器とセンサ、Wi-Fiルータ、モニタ(タブレット)、カラースプレーを用い、各工程のタクト管理のシステムを構築した。カラースプレーについてはライン間に1つのパレットしか入らないように一定間隔で仕切り線を引いた。図2に示すように上記仕掛けを導入した。

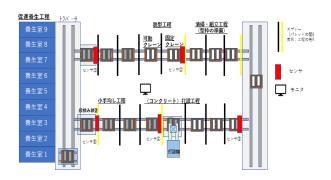


図2 解決手法生産ラインレイアウト

3.1. プロトタイプ

図3に示すように各工程の通過時間を検知し工程の 経過時間と基準タクト(監督者が設定したタクトタイム)との残り時間をカウントして作業者に知らせるためにプロトタイプを製作してシステム構築した.

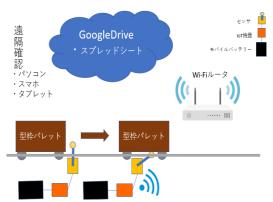


図3 システム構築図

ローラーコンベアのローラーの隙間にセンサとして リミットスイッチを配置し、パレットがこの上を通過 すると、リミットスイッチが ON となり、通過を検知 する. その信号は、IoT 機器(M5StickC Plus)でクラ ウドの Google スプレッドシートにカウントと日時情 報が送られる. 現場設置写真を図 4 に示し、Google スプレットシートの例を図 5 に示す.

モニタ (タブレット) の詳細説明については 3.2 で述べるが、作業者がどの工程に応援にいけば良いか分かるように Google スプレッドシート上の別シートで信号表示を作成しモニタに表示した. 図 6 に現場設置信号モニタの写真を示す.

尚,電源については省力化を行いモバイルバッテリーに繋いで工場に設置した状態で最低2日以上電源が持つように設計した.



図4 センサの設置写真

	脱型工程			清掃・組立工程			打設	打設工程		小手均し		
	デバイス 1	デバイス 2		デバイス 2	デバイス 3		デバイス 3	デバイス 4		デバイス 4	デバイス 5	
i i	開始	終了	色判別	開始	終了	色判別	開始	終了	色判別	開始	終了	色判別
25	9:49:36	10:43:50	終了	10:43:50	10:45:09	終了	10:45:09	11:03:39	終了	11:03:39	11:14:24	終了
26	10:01:48	10:49:07	終了	10:49:07	10:47:26	終了	10:47:26	11:10:37	終了	11:10:37	11:22:02	終了
27	10:18:46	11:14:54	終了	11:14:54	11:15:07	# 7	11:15:07	11:21:41	終了	11:21:41	11:32:13	終了
28	10:47:37	11:16:07	終了	11:16:07	11:17:11	終了	11:17:11	11:28:00	終了	11:28:00	11:39:21	終了
29	11:02:19	11:20:22	終了	11:20:22	11:21:28	終了	11:21:28	11:33:58	終了	11:33:58	11:47:53	終了
30	11:14:16	11:33:19	終了	11:33:19	11:27:47	# 7	11:27:47	11:36:27	終了	11:36:27	11:56:48	終了
31	11:20:23	11:44:08	終了	11:44:08	11:28:25	終了	11:28:25	11:47:17	終了	11:47:17	12:03:26	終了
32	11:33:16	11:56:01	終了	11:56:01	11:58:36	終了	11:58:36	13:11:06	終了	13:11:06	13:25:58	終了
33	11:44:15	13:02:54	終了	13:02:54	12:00:56	# 7	12:00:56	13:21:41	終了	13:21:41	13:36:51	終了
34	11:55:58	13:11:18	終了	13:11:18	13:02:03	終了	13:02:03	13:41:34	終了	13:41:34	13:57:14	終了
35	12:04:19	13:11:41	終了	13:11:41	13:24:56	終了	13:24:56	13:58:06	終了	13:58:06	14:08:08	終了
36	13:03:31	13:12:37	終了	13:12:37	13:42:29	終了	13:42:29	14:12:18	終了	14:12:18	14:24:59	終了

図5 センサデータの自動集計

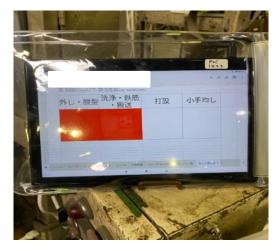


図6 現場設置信号表示モニタ

3.2. モニタによる効率的な相互支援化

基準タクトを作業者に守ってもらうためには視覚的に分かりやすい仕掛けとする必要がある. よって, 余裕のある工程から余裕のない工程に作業者が自律的に応援に行けるよう, モニタ上に各工程のタクトの状態を表示することとした.

図6に表示されている模式図を図7に示す.



図7 信号モニタ画面

信号の意味は、赤信号は、基準タクトよりも遅れているためヘルプサイン、黄信号は、基準タクトに近づいているため作業後速やかに次工程に送るサイン、青信号は、基準タクトまで余裕があるので、赤、黄信号の順番で手伝いにいくサイン、信号表示なしは、自工程にパレットがないため、赤、黄信号の順でその工程を手伝いにいくサインと決めた.

スプレッドシート上に、製品の製作順に合わせた基準タクトテーブルを準備して、製品毎の基準タクトの設定を行った。各工程への製品の到着タイミングからの経過時間と基準タクトの設定値との差により、赤信号、黄信号、青信号の判定を行い、表示を行った。表1に信号表示ルールを示す。

表1信号表示ルール設定

1	言号	信号表示ルール
	赤	基準タクト<経過時間
	黄	0.7*基準タクト<=経過時間<=基準タクト
	青	経過時間 < 0.7*基準タクト
	白	工程に型枠パレットなし

4. プロトタイプ検証方法

通常の作業方法1日とモニタを設置した方法1日の作業について検証を行った.

5. 結論

5.1. 検証結果

モニタ設置の有無による作業時間の比較(%), 更に基準タクトとの比較を4品目について表2に示す.

表 2 品目結果(単位:分)

	基準タクト合計 (工程基準	実作業時間	(4工程合計)	実作業時間	基準タク トに対す る達成率	
	タクト×4)	モニタなし	モニタあり	の短縮率		
	(1)	(2)	(3)	((2)-(3))/(2)	(3) / (1)	
品目1	34	122	106	13%	3.12	
品目2	30	81	51	37%	1.70	
品目3	34	104	82	21%	2.41	
品目4	20	95	66	31%	3.30	
平均	29.5	100.5	76.3	25.5%	2.63	

4品目共に、信号表示モニタを設置していない日と 設置して活用した日の実績を比べれば平均で25.5%も 作業時間が短縮された.しかし、基準タクト達成(基 準タクト合計/4工程の作業時間合計)は平均で2.63 となっており、1を超えているため基準タクトまで作 業時間が短縮できていない.大きく差がでる理由としては、基準タクトが実態に即していない.つまり、これまでの作業時間の実績値ではなく、熟練者である監督者が立てた目標値で設定しており厳しい値となっている.

5.2. 考察と今後の課題

信号方式によりタクト生産を作業者が意識し相互支援することで、作業時間の短縮効果が得られた.

本手法によれば、赤信号と黄信号の工程に、青信号 又は信号表示なしの工程の作業者が応援に行くという 単純なルールながら、現場監督者の指示がなくとも、 自律的に工程間のラインバランスが揃うこととなる.

赤黄青の3色信号は、日本人にとってなじみが深く、感覚的にも分かりやすいことから、多くの説明と作業を繰り返さなくても、抵抗感なく、直ぐに効果を得ることができたと考える.

今後、本手法の運用を繰り返し行うことで、監督者の指示がなくとも自律的に工程間の作業者の移動が更にスムーズになることが期待できる。蓄積される実績作業時間を元に基準タクトの適正化を行っていくことで、基準タクトに対する達成率を指標とする現場オペレーションが可能となる。

文 献

[1]川越敏昌、現場監督者の業務自動化を図る生産管理システムの検討〜プレキャストコンクリート製造工程における IoT プロトタイプ製作〜、第 27 回社会情報システム学シンポジウム(2021)

[2]岡田史彦、タクトタイム生産による現場管理、日本機械学会、Vol118, No.159, pp.16-17(2015) [3]坂本勝之,橋川検,中島勝,内山生、縫製工程のラインバランシング(第2報) コンピュータを利用した要素作業のグループ編成,助会い作業の最適配置,繊維機械学会誌,36巻,2号,(1983)

[4]Thiago F. Aydos, Joao C.E. Ferreira, RFID-based System for Lean Manufacturing in the Context of Internet of Things, IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) Fort Worth, TX, USA, August 21-24 (2016)