

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 (株)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員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④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、ビッグ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いない。IoT

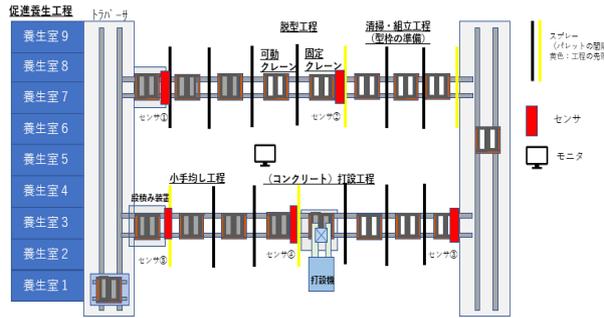


図2 解決手法生産ラインレイアウト

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。

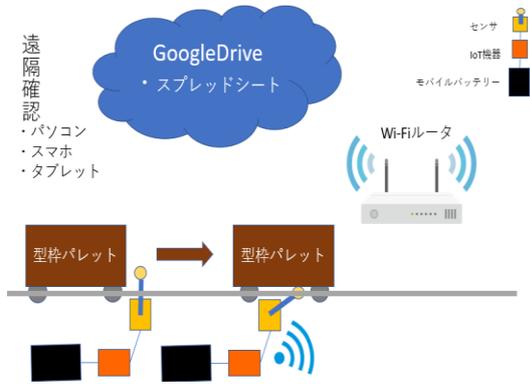


図3 システム構築図

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 スプレッドシートの例を図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わかるように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

順番	脱型工程			清掃・組立工程			打設工程			小手均し		
	デバイス1	デバイス2	色判別	デバイス2	デバイス3	色判別	デバイス3	デバイス4	色判別	デバイス4	デバイス5	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	終了	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	終了	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	終了	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発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。

脱型	清掃・組立	打設	小手均し

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行くサイン、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行くサインと決めた。

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

信号	信号表示ルール
赤	基準タクト < 経過時間
黄	$0.7 \times \text{基準タクト} \leq \text{経過時間} \leq \text{基準タクト}$
青	経過時間 < $0.7 \times \text{基準タクト}$
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 (工程基準タクト×4)	実作業時間 (4工程合計)		実作業時間の短縮率 $((2)-(3))/(2)$	基準タクトに対する達成率 $(3)/(1)$
		モニタなし	モニタあり		
	(1)	(2)	(3)		
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す行うことで、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ス(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)