



セル生産システムにおける人的要因を考慮した作業 者訓練に関する研究

原口, 春海

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2016-09-25

(Date of Publication)

2018-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6747号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006747>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 3)

論文内容の要旨

氏 名 _____ 原口 春海 _____

専 攻 _____ システム科学 _____

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

セル生産システムにおける

人的要因を考慮した作業員訓練に関する研究

指導教員 _____ 貝原 俊也 教授 _____

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

(氏名: _____ 原口 春海 _____ NO. 1)

顧客ニーズの多様化、製品サイクルの短期化による製造業の多品種少量生産に伴い、セル生産システムに注目が集まっている。セル生産システムは自律分散型の生産システムであり、その生産性に作業員の人的要因が大きく関わっていると言われていた。そのため、セル生産システムの人的要因に関わる研究は数多く行われているが、作業員計画やスケジューリングを一般的な数理モデル化している研究は、作業員の技能を機械性能同等の普遍的なパラメータとして扱い、作業員の技能の変化を考慮しない短期的視野のものが多く、また、中長期的視野に立った研究の多くはアンケート、インタビューを基にした特定事例を扱ったものが多くある。

そこで本研究では、統合的・汎用的なセル生産システムにおける作業員訓練研究として多様な作業員配置を実現するタスク分割型の複数人セル生産システムを想定し、作業員の多能工化・熟練工化による「中長期的スパンでのコスト削減」を見据えた実務と訓練を兼ねる作業員配置計画の提案とその有効性の検証をする。

そこで研究の全体像を「A. 計画フェーズ」「B. 運用フェーズ」および「C. 検証フェーズ」の 3 つのフェーズに分ける。「A. 計画フェーズ」では中長期の作業員計画および計画段階での作業員の技能設定をする。作業員計画は長期的な人員計画や製品計画を指し、作業員の技能設定では作業に影響する人的要因の指標から各作業員の技能を判定する。そして、作業員の技能に基づいて訓練の目的に応じた作業員の配置とタスク割当て、スケジューリングを行う。訓練は OJT で行われることを想定しているため訓練用の作業を別に設けることはしない。「B. 運用フェーズ」は日々の運用で行われる作業を指す。運用時は急なオーダ内容の変更や作業員の欠勤、ほか業務へのヘルプなど日々の作業は計画通りに進まない場合がある。そこで、このフェーズではこのような変動を「その日の作業開始前に分かっていたか」「作業の途中で発生したか」に分けて対応を行う。作業開始前にオーダ内容の変更や作業員の変更が分かっていた場合は、作業員のセル配置からやり直し、その日の作業そのものを見直すことによって変動による生産性の低下や訓練の不足を抑える。一方、作業開始後に発生した変更に対しては作業の見直し範囲を検討する。変更が発生したタイミングによって作業の進捗や作業員の訓練達成度は異なる。そこで、予定されていた作業や訓練に対して最も影響度の低い変更方法を採用するための指針を提案する。

具体的な提案内容としては、まず第 2 章で作業員の技能を作業要素(タスク)ごとに分類する指標「スキルインデックス」を提案する。そして、スキルインデックスを使用して作業員の苦手なタスクへ優先的に作業を割り当てることによって期待出来る技能の熟達、並びに全体的な作業員集団の熟練化・多能工化を目指すモデルの提案をする。計算機実験では、同一内容のオーダが繰り返される現場を想定し、オーダ毎のセル配置とタスク割当てを行った。実験条件としては新人作業員、標準作業員、熟練作業員で構成される一般的なセル生産システムの現場を想定した場合と、多能工と単能工が混在する、ライン生産システムからセル生産システムへの移行時に多く見られる現場を想定した場合で行った。

(氏名： 原口 春海 NO. 2)

その結果、いずれのケースでも一時的な生産性の低下は見られるが一定期間作業後には全ての作業者が熟練化、多能工化した頑健な作業者集団を得られることが確認できた。

第3章では、第2章で提案したスキルインデックスを訓練計画時における作業者のセル配置およびスケジューリング問題に適用し、計画時に一定回数のオーダー内容が既知である場合を想定した計算機実験によりその有効性を検証する。その際、訓練目的に応じて目的変数を変更し、熟練化するまでの技能向上の様子を観察する。訓練の目的としては、熟練作業者から新人作業者への技能伝承を考慮したケース、新製品の導入に伴う新技能の習得を考慮したケース、作業頻度が低いタスクを効率的に訓練するケースの3種類を用意した。その結果、目的に応じた目的関数を使用することによってより効率的に習熟が進むことがわかった。

第4章では、日程計画時の作業者配置・スケジューリング手法の提案を行う。計算機実験では作業用件（作業者数、オーダー内容）が不安定な状況下において、作業開始前に変更が発生した場合を想定した条件に適用し、その有効性を確認する。その際に、計画時の提案手法ではオーダー毎に担当するタスクが固定であったが、本章では作業台数のパラメータを追加し、作業1台ごとに作業担当者を割当てられるようにした。その結果、オーダー内容や差業者数に変更があっても訓練に必要な作業を効率よく割当てられることを確認した。

第5章では、運用中の作業者再配置・スケジューリング手順の検討を行う。運用中は、すでに作業を終えているタスクを考慮して変更後の作業計画を決定する必要がある。そのため、オーダー変更時の対応方法として3種類の手順を設定した。計算機実験では計画期間中に急なオーダー変更が生じた場合を想定し、対応方法の違いによる作業者の習熟結果の違いについて確認した。その結果、計画期間の早い段階で発生したオーダー変更については作業者のセル配置から再設定しなおすことが訓練の遂行に必要であることが分かった。一方、計画期間の後半で発生したオーダー変更の場合は、手順の違いによる訓練結果の大きな違いは見られなかった。

(別紙1)

論文審査の結果の要旨

氏名	原口 春海		
論文 題目	セル生産システムにおける人的要因を考慮した作業者訓練に関する研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	貝原 俊也
	副 査	教 授	多田 幸生
	副 査	教 授	大川 剛直
	副 査	准教授	藤井 信忠
	副 査		
要 旨			
顧客ニーズの多様化、製品サイクルの短期化による製造業の多品種変量生産化に伴い、セル生産システムに注目が集まっている。セル生産システムは自律分散型の生産システムであり、組み立てラインの構成を複数のセルにすることによって、生産する製品の種類や数量をある程度自由にコントロールすることが可能であると言われている。セル生産システムを採用している現場においては、通常、組み立てだけではなく検品や梱包と言った関連工程もそれぞれ独立したセルとなっており、それぞれの工程が自己完結性を持つことになることによって、工程ごとの進捗状態や問題点を把握しやすいという利点がある。 セル生産システムにおいても自動化・ロボット化の波が押し寄せてはいるが、依然として労働集約型のセル生産システムは製造業の重要な位置にある。そのため、高い自己完結性を保つために、ライン生産システムと比較して作業員一人当たりの担当範囲、責任範囲が広くなり、作業者の技能や裁量に依存した生産方式とも言え、作業者の効果的な技能教育が求められる。 このような背景の下、本研究では、統合的・汎用的なセル生産システムにおける作業者訓練研究として多様な作業者配置を実現するタスク分割型の複数人セル生産システムを想定し、作業者の多能工化・熟練工化による「中長期的スパンでのコスト削減」を見据えた実務と訓練を兼ねる配置計画の提案とその有効性の検証を行っている。具体的には、作業者の技能を作業要素(タスク)毎に分類する指標『スキルインデックス』を提案し、その指標を使用して作業者の技能を判定した後、OJTにおける作業者の『セル配置およびタスク割当て』手法を提案している。その際、従来からある「習熟」の考え方を採用し、一定作業終了後に習熟によって得られる技能向上を算出し、期待出来る技能の熟達並びに全体的な作業者集団の熟練化を目指している。さらに、作業時におけるメイクスパンを最小化する『スケジューリング』手法の提案を行っている。 まず第2章で作業者の技能を作業要素(タスク)毎に分類する指標スキルインデックスを提案している。そして、スキルインデックスを使用して作業者の苦手なタスクへ優先的に作業を割り当てることによって期待出来る技能の熟達、並びに全体的な作業者集団の熟練化を目指すモデルの提案を行った。その結果、スキルインデックスは、タスクごとに設定されている標準作業時間を作業者ごとの実作業時間から算出するため、作業レベルを単純な指標として表現できるだけでなく作業者のセル配置およびタスク割当て手法の定式化に容易に組み込めるというメリットを持っていることを明らかにしている。また、作業者のセル配置およびタスク割当て手法では作業現場におけるOJTを想定し、スキルインデックスの値を用いて苦手な作業を優先的に割当てることによって、各個人が効率的に訓練を行えるだけでなく、頑健性の高い作業者集団の構築を目指した。計算機実験においては、作業者の構成が異なる2つのケーススタディを用意し、配置結果の違いを検討した。その結果、新人教育の場合は1セルの活用が有効であり、単能工を多能工化していく場合には、苦手な作業が異なる作業者同士が複数人セルに配置される傾向があることを明らかにしている。 次に第3章では、第2章で提案したスキルインデックスを計画時における作業者のセル配置およびスケジューリング問題に適用し、計画時に一定回数のオーダー内容が既知である場合を想定した計算機実験によりその有効性を検証している。その際、訓練目的に応じて目的変数を変更し、熟練化するまでの技能向上の様子を観察した。求解では既知のオーダー全体の最適化問題として求解する場合と、オーダー毎の最適化問題として求解する場合を比較して、有効な作業者のセル配置切替えタイミングの確認を行った。熟練作業者から新人作業者への技能伝承を積極的に推進するには、第2章で提案したモデルから、全品種に対するタスク担当の制約を外すことによってタスクを割当てられない作業者の存在を許した。その結果、技能の高い熟練作業者にタスクを割当てられない結果が発生した。熟練作業者が作業を担当できないことは生産性			

氏名	原口 春海
への影響が懸念されるが、タスクを割当てられない作業者は周囲の作業者の指導する立場とみなし、同じセル内の作業者の習熟が早く進む場合は十分にその影響を補えることが確認できた。また、作業頻度が異なるタスク構成の場合は、スキルインデックスを最小化するだけで無く、作業頻度の指標を追加して、積極的にできるだけ多くの種類の作業をするモデルを採用した。スキルインデックスは単純な指標で扱いが容易である分、単純な総和最小化では等価となる組合せが多くなる傾向にある。そこで、スキルインデックスだけでは判定できない作業頻度を組み入れることによって、作業頻度の差を考慮した作業者の訓練計画を実現することができた。 第4章では、第3章で述べた作業者配置計画・スケジューリング手法を発展させ、日次計画時の作業者配置・スケジューリング手法の提案を行う。計算機実験では作業用件（作業者数、オーダー内容）が不安定な状況下において、作業開始前に変更が発生した場合を想定した条件に適用し、その有効性の確認を行った。その結果、従来手法がオーダー内容一定の状況とバラつきがある状況では習熟の進み具合に差が出てしまうのに対し、提案手法ではいずれのオーダー状況でも同等の習熟を得られることがわかった。また、作業内容の重複や先行関係を考慮したスケジューリングをすることによって、決まった作業者配置とタスク割当ての中でもっともメイクスパンの少ない作業手順を得ることができた。苦手な作業を優先的に割当てるポリシーは一時的な生産性の低下を免れないため、作業時間最小化を目的関数とした場合の比較では、メイクスパンが長くなってしまうが、オーダーを重ねるごとに作業者全体が習熟し、同等のメイクスパンを得られることも確認できた。 第5章では、計画期間中にオーダー内容が変更する状況を想定し、動的な環境下においても効率的な作業者訓練を実現するための作業者再配置・再スケジューリングの手順を提案している。オーダー追加でもオーダーキャンセルでも計画段階の初期で変更が発生した場合は、タスクの再割当てから実施するのが生産性を維持するためにも訓練への影響を抑えるにも有効であることが分かった。また、セルの再配置から行うことによって訓練を維持しながらより短いメイクスパンも得られることが分かった。これは計画の初期段階であればまだ未着手のタスクも多く、訓練を十分に実施できる計画を組みなおすことが可能であることを示す。一方で、単なる再スケジューリングは訓練に必要な作業を十分に実施できないだけでなく、生産性への貢献も少ないことが明らかになった。 最後に、第6章では結論として本研究で得られた成果を要約し、今後の課題を述べている。 以上のように本論文は、労働集約的なセル生産システムに着目し、計画フェーズと運用フェーズの2つに分けて研究したものであり、今後のグローバルなモノづくりにおけるセル生産システムの人的要因を考慮した生産性の向上について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の原口春海は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。	