

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25380497

研究課題名(和文)セル生産における人的要因に関する実験研究

研究課題名(英文)Experimental Study of Human Factors' Impact in Cell Production System

研究代表者

董彦文(Dong, Yanwen)

福島大学・共生システム理工学類・教授

研究者番号：90292458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：セル生産は人間依存型生産システムであり、作業者の能力、適性と作業意欲などの人的要因が生産性に強い影響を与える。本研究では実験研究手法を用いて、作業者の手の器用さ、興味、学習・熟練効果、持続性などの人的要因と作業効率との相関性を定量的に解析し、これらの要因と作業の特徴との関連も明らかにした。また、ジョブ特徴モデルなど産業・組織心理学分野の研究成果を活用し、セル生産における組立作業に対する作業者の適性診断シートを設計しその有効性を検証した。いくつかの作業者適性を有意に診断できたものの、一部の作業者からの主観的または歪曲な回答に対して有効な回避対策および補正方法が必要であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：As major studies on cell production have put their emphasis on technical factors, there is a singular absence of articles of investigating human factors' impact on production cells. Here, we made a series of experimental studies to clarify the correlations between the productivity of production cells and various human factors such as workers' finger dexterity, learning effect, endurance and interest etc. We also designed two questionnaires based on Job Characteristics Model, and Industrial and Organizational Psychology respectively to measure the workers' aptitude. Part of the questionnaires has been statistically verified to be valid for measuring workers' aptitude, but we have to make some efforts yet to deal with subjective or faking answers to the questionnaires.

研究分野：経営情報

キーワード：セル生産 人的要因 適性

1. 研究開始当初の背景

セル生産方式は 1990 年代半ば頃から、最終組立工程における生産方式の新たな潮流として、世間の注目を集めるようになった。近年来、セル生産方式は日本製造企業の国内回帰現象を引き起こし、また企業の国際競争力の向上をもたらす重要な要因の一つとして、産業界に高く評価されている。セル生産方式では、一人または少人数の社員だけで多数の作業をこなすため、一人あたりの担当作業がライン生産よりかなり増え、その結果セル生産の作業効率は作業者に強く依存する。つまり、セル生産システムにおいては、作業者の能力、適性と作業意欲などの人的要因の影響はライン生産システムより強い。

申請者が大学生を被験者としたセル生産実験データについて行った統計解析の結果によると、セル生産における作業時間の変動に関して、その 20 - 30% は作業回数の増加による熟練・学習効果、その 50 - 60% は作業者の適性により決定される。つまり、セル生産における作業効率は 50% 以上が作業者の適性により決められて、適性の低い作業者が努力しても作業効率の向上には限度がある。

また、実際の企業においてセル生産方式を導入する際、技術的課題より組織改革、意識変革、従業員への教育や作業に対するモチベーションの維持など、非技術的要因が重要な課題となっていることが数多く報告された。これらの非技術的課題をうまく解決できなかったため、セル生産を導入しても予期の成果を得られず、ライン生産に戻らざるを得ない事例は国内外とも見られた。

セル生産に関しては、これまでに技術的課題を中心として多数の研究が行われてきた。これらの研究には製品の類似性に重点を置いたセル編成方法、生産性の向上を目標とするセル生産システムの設計方法に関するものが多い。これに対して、人的要因などの非技術的要因に関する研究は、企業調査に基づいた定性的考察、事例研究または管理者・作業員へのアンケート分析がほとんどであり、実データに基づいた定量的研究または統計的な解析がまだ報告されておらず、十分に研究されたとは言えない。

これに対して、多くの企業においては、供給側主導の生産方式から顧客主導の変種変量生産方式への転換が求められ、セル生産システムは変種変量生産にもっともよく適して企業の競争力を維持するための不可欠な生産革新となっている。セル生産システムこそが人を中心とするシステムなので、セル生産における人的要因の影響に関する研究は、学術的にも実用的にも極めて重要であるが、なかなか定量的に考究できないためとても難しい課題でもある。

2. 研究の目的

本研究は実験研究手法を用いて、セル生産システムにおける人的要因の影響を定量的

に解明し、さらにセル生産作業に対する作業者の適性を診断する手法を考案する。

3. 研究の方法

セル生産における人的要因の影響に関する従来の研究では、定性的考察と事例研究を主な手法としてきたが、本研究では実験研究手法を採用する。つまり、実験計画法を用いてセル生産に関する実験室実験を設計・実施し、作業時間などのデータ測定を行う。また、分散分析、共分散構造分析などの統計解析手法を用いてデータ解析を行い、セル生産の効率に対する人的要因の影響を定量的に解明する。さらに、これらの解析結果に基づき、作業特徴と作業員個人特質の 2 つの側面から作業者の適性をとらえ、セル生産における作業員適性の診断手法を提案の上、実験を通じて提案手法を検証する。

4. 研究成果

(1) 社会人と大学生被験者との差異検証

研究成果が実際の生産現場に適用できなければいけないため、実際のセル生産現場で関連データを集めることは一番望ましいが、様々な実情により実生産現場でのデータ収集を許諾できる企業は極めて少ない。生産現場状況の制限で研究上必要な実験データをすべて収集できるとは限らない。このため、生産現場での作業経験者である一般社会人を 40 人確保し、被験者として実験を行った後、収集した実験データについて統計解析を行った。

特に分散分析の手法を適用し、大学生を被験者とした実験結果と一般社会人を被験者とした実験結果との差異を調べた。その結果、有効な実験データを測定・記録する能力の面では一般社会人が大学生より劣ったものの、作業時間の平均・分布などの統計的特徴、作業員適性と作業効率との関連などの面について有意な差が存在しないことがわかった。つまり、大学生を被験者として実験研究を行っても実験結果は実際の生産現場から有意に乖離することはない。

(2) 人的要因の影響に関する検討結果

セル生産の生産性に対するさまざまな人的要因の影響を把握するために、セル生産実験およびアンケート調査表を設計したうえで、一般社会人と大学生を被験者として実験を実施した。これらの実験データを解析した結果、以下のことが明らかになった。

共分散構造分析手法を用いて、セル生産における作業員の特性と作業効率との関連を解析し、作業への作業員の関心・興味と学習能力が作業効率に有意な影響を与えることを明らかにした。また、パス図を用いて、作業内容と学習能力との関連を解析した結果、いくつかの潜在的要因の影響を明確にした。(A) 作業時間は作業員の「苦手さ」と正の相関、作業員の「興味」、「学習・熟練効果」と負

の相関にある。(B) 作業効率に対する作業者の「興味」は「学習・熟練効果」より2.4倍ほどその影響が強い。(C)「単調・退屈な作業」をする際、熟練効果は出やすい。これに対して、「きめ細かい作業」を繰り返しても学習・熟練効果は簡単に見られない。(D) 作業者が「やりがい」を感じるかは学習・熟練効果に正の影響を与える。

因子分析手法を用いて、作業者の作業意欲や取組姿勢などの直接観測できない要因を特定のうえ、作業効率と作業者の態度・作業技能との関連を統計的に解析した結果、手作業に対する好き嫌いとの器用さが作業効率に有意な影響を与えることが明らかになったが、取組姿勢や作業意欲などの特性に関しては、有意な影響が見られなかった。

製品組立作業の全体ではなく、個別作業の特性と必要な作業者の適性との関連を明確にするために、アンケート調査表を見直したうえ、データ収集と集計方法を変えながら、セル生産実験とデータ解析作業を進めた。この結果、すべての作業に対して、その作業に対する先人観と作業者の好き嫌いが作業効率に有意な影響を与えることが検証できた。作業者の器用さや取組姿勢などの要因は一部の複雑な作業に対する影響が検証できたものの、他の作業に対して顕著な影響は見られなかった。

持続性の測定とその影響に関する研究：組立作業を繰り返す回数が増えるにつれて、熟練効果により作業時間を続けて短縮できる作業者と、途中で作業時間が増えたりする作業者が存在する。この現象は作業者の持続性の違いから生じるものであると考えられるので、如何に作業者の持続性を測定するかを考究した。作業時間の短縮パターンまたは変化趨勢だけでなく、初回組立に要した作業時間から反映された作業者の作業技能面の差異も考慮に入れて、持続性の定義を2通り与えたうえ、持続性と作業効率との関連性を定量的に評価できた。

(3) セル生産における作業適性の診断手法の提案と検証

ジョブ特徴モデル(Job Characteristics Model)に基づき、セル生産における組立作業に対する作業者の適性を診断する自己診断シートを設計した。この適性診断シートの有効性を検証するために実験研究を行った。さまざまな統計検定手法を活用して、適性診断シートの有効性と信頼性を確認したところ、指示された組立作業が好きか否かという作業者の先人観などの作業適性を有意に測定することができたものの、自分の作業能力・適性を過小または過大に評価する作業者が多く、単純な自己診断シートでは作業者のすべての適性を正しく測定できないことが

明らかになった。特に一部の作業からの回答はかなり主観的で、本人の実作業効率からかけ離れていることが確認できた。これらの客観的でない回答が存在しているために、作業者の人的特性と作業効率との関連は正しく評価できなく、作業適性自己診断シートの有効性はかなり損なわれてしまう。この課題を解決するために、2つの視点から着手し研究を進める必要がある。一つは標準作業時間の提示などを通じて作業者に客観的に回答してもらう手法を提案する。もう一つは産業・組織心理学の手法を導入し、主観的回答を発見し、自動的に校正する方法を提案する。

以上の結果を踏まえて、産業・組織心理学分野の研究成果を活用し、自己効力感(Self-efficacy)、成長欲求度(Growth-need strength)と中核的自己評価(Core self-evaluation)の3つの視点から作業適性診断シートを設計のうえ実験研究を通じてその有効性を検証した。その結果、設計した適性診断シートを用いて成長欲求度を有効に測定できたうえ、セル生産効率との有意な相関関係も確認できた。しかし、自己効力感と中核的自己評価の測定とそれらの有効性に関しては統計的に検証できなかった。作業効率に対する自己効力感と中核的自己評価の影響をさらに調べたうえ、適性診断シートの設計を見直す必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

Yanwen Dong, Shinya Sato, Vinod Kumar and Kyoji Hoshino: "Definition and Verification of Workers' Aptitude toward Assembly Tasks in Production Cells", *Innovation and Supply Chain Management*, Vol.10, No.1, pp.43-52 (2016). DOI: 10.14327/iscm.10.43 (査読有)。

Hideo Sato, Yanwen Dong and Vinod Kumar: "A Principal Component Analysis Approach to Measure Contributions of Shinkin Banks to Regional Economies in Northeast Area of Japan", *Innovation and Supply Chain Management*, Vol.10, No.1, pp.19-29 (2016). DOI: 10.14327/iscm.10.19 (査読有)。

Yanwen Dong and Xiyang Hao: "Experimental Study and Statistical Analysis of Human Factors' Impact in Cell Production System", *Computational Management Science, State of the Art 2014 (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 682)*, Raquel J. Fonseca, Gerhard-Wilhelm Weber, João Telhada Editors), Springer International Publishing, Switzerland, pp.107-113 (2016). DOI: 10.1007/978-3-319-20430-7_14 (査読有)。

Yanwen Dong, Xiyang Hao and Hideo Sato: "Investigation of the Impact of Data

Comparability on Performance of Support Vector Machine Models for Credit Scoring", *Innovation and Supply Chain Management*, Vol.9, No.1, pp.31-38 (2015). DOI: 10.14327/iscm.9.31 (査読有).

Yanwen Dong, Xiyang Hao and Shinya Sato: "An Ant Colony Optimization Method for Fuzzy Vehicle Routing Problem", *Innovation and Supply Chain Management*, Vol.9, No.1, pp.17-24 (2015). DOI: 10.14327/iscm.9.17 (査読有).

Yanli Dong, Xianbing Liu and Yanwen Dong: "Green Supply Chain Management and the Induced Performance Changes of Companies in the Yangtze River Delta of China", *Asian Journal of Management Science and Applications (AJMSA)*, Vol.1, No.2, pp.141-158 (2014). DOI: 10.1504/AJMSA.2014.063377 (査読有).

Yanwen Dong, Harumi Haraguchi and Xiyang Hao: "Structural Equation Modelling of Human Factors and Their Impact on Productivity of Cellular Manufacturing", *Innovation and Supply Chain Management*, Vol.8, No.1, pp.1-7 (2014). DOI: 10.14327/iscm.8.1 (査読有).

Xiyang Hao, Harumi Haraguchi and Yanwen Dong: "An Experimental Study of Human Factors' Impact in Cellular Manufacturing and Production Line System", *INFORMATION*, Vol.16, No.7(A), pp.4509-4526 (2013). (査読有).

[学会発表](計14件)

Yanwen Dong: "Workers' Staying Power and its Impact on Productivity of Production Cells", The 7th International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2016), March 5-7, 2016, Beijing (China).

Yanwen Dong: "Identifying Factors Reflecting Workers' Aptitude toward Assembly Tasks in Production Cells", 3rd International Conference on Advances and Management Sciences (ICAMS 2016), February 3-4, 2016, Florence (Italy).

Shinya Sato and Yanwen Dong: "Validity of Workers' Aptitude Measures in Production Cells: A Statistical Analysis", The 2015 Asian Conference of Management Science and Applications (ACMSA2015), September 12-16, 2015, Dalian (China).

Yanwen Dong, Xiyang Hao, Shinya Sato and Vinod Kumar: "An Attempt and Issues to Measure Workers' Aptitude toward Assembly Tasks in Production Cells", *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS2015)*, pp.773-777, July 25-30, 2015, Barcelona (Spain).

郝希穎, 董彦文: "作業データに基づくライン生産とセル生産の比較", 日本設備管理学会平成 26 年度秋季研究発表大会, 2014 年 11 月 11 日, 秋田県立大学本荘キャンパス(秋田県・由利本荘市).

伊藤 智也, 董彦文: "セル生産における作業者の学習能力および集中力の影響解析", 日本経営工学会平成 26 年度秋季研究大会, 2014 年 11 月 8-9 日, 広島大学東広島キャンパス(広島県・東広島市). Shinya Sato and Yanwen Dong: "An Experimental Study on Relationship between Operators' aptitude and Operation Characteristics in Cell Production System", The 2nd International Work Shop on Production and Logistics, November 1-3, 2014, Okinawa (Japan).

Yanwen Dong and Xiyang Hao: "Experimental Study on the Impact of Human Factors in Cell Production System", The 12th International Conference on Industrial Management (ICIM2014), September 3-5, 2014, Chengdu (China).

Yanwen Dong and Xiyang Hao: "Experimental Study and Statistical Analysis of Human Factors' Impact in Cell Production System", The 11th International Conference on Computational Management Science (CMS2014), May 29-31, 2014, Lisbon (Portugal).

董彦文, 郝希穎: "セル生産における人的要因の影響に関する共分散構造分析", 日本経営工学会 2014 年春季大会予稿集, 2014 年 5 月 17-18 日, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県・野田市).

Yanwen Dong and Xiyang Hao: "The relationship between human factors and efficiency of cellular manufacturing: A statistical analysis", The 2013 Asian Conference of Management Science and Applications (ACMSA2013), December 21-23, 2013, Kunming (China).

董彦文: "ジョブ特徴モデルに基づいたセル生産効率と人的要因との関連解析", 日本経営工学会平成 25 年度秋季研究大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 日本工業大学宮代キャンパス(埼玉県・南埼玉郡宮代町).

矢野宏祐, 董彦文: "セル生産の作業効率と人的特性との関係性について", 日本経営工学会平成 25 年度秋季研究大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 日本工業大学宮代キャンパス(埼玉県・南埼玉郡宮代町).

Yanwen Dong and Xiyang Hao: "Experimental Learning of Production System Design and Learning Effect Analysis", 2013 The international academic workshop on social science (IAW-SC 2013), October 18-20, 2013, Changsha (China).

〔図書〕(計1件)

董彦文(著), 金明哲(編集):「経営と信用リスクのデータ科学」, 共立出版 (2015), 237 頁.

6. 研究組織

(1)研究代表者

董彦文 (DONG Yanwen)

福島大学・共生システム理工学類・教授

研究者番号: 90292458