JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	セル生産システムの進展要因 : 2000年～2012年の日本企業の事例を中心に
Author(s)	信夫, 千佳子
Citation	年次学術大会講演要旨集, 28: 380-385
Issue Date	2013-11-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11739
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

講演番号２Ａ０８

セル生産システムの進展要因

－2000 年～2012 年の日本企業の事例を中心に－

○信夫千佳子（桃山学院大学）

１．はじめに

1990 年代、日本の製造業では、バブル経済崩壊後の不況、グルーバル競争の激化などで一層の生産性向上が求められる中で、消費者ニーズの多様化や成熟化、労働形態や労働意識の多様化にも対応するために、新たな生産システムの模索が始まった。その１つとして、電気・電子産業、精密機械産業を中心に多くのメーカーでセル生産システム（Cell Production System）の導入が試みられた。本稿では、国内のセル生産システムが、2000 年以降にはどのような進展を遂げたのか、また、その進展要因は何かについて、日本企業の事例を取り上げながら検討する[1]。

２． セル生産システムの進展状況－2000 年～2012 年の特徴－

セル(cell)とは、生産主体としての作業者と生産設備の集合が、ある程度の自由度と自律能力を持って、ある一定範囲の工程系列を自己完結的に担当するものであり、このようなセルが複数連携しあって構成される生産システムをセル生産システムと定義する[2]。

従来から機械産業の加工の分野では、FMS（Flexible Manufacturing System）の中で、加工設備を群に分けた FMC（Flexible Manufacturing Cell）があった。このような機械系のセル生産システムは、人間を含まず真の自律能力を発揮できないと考えるので、本稿では人間系のセル生産システムを中心に議論する。

2.1　多様なセルの展開

セル生産システムと言っても、産業界ではその呼び名も形態も各社各様で、人数も１人のものから数人のものもある。さらに、同じ企業や工場の中でも異なる形態のセルを展開する企業が出てきた。例えば、正社員のセルと請負社員のセルを分ける工場が見られる。１人当たりの工程数が多くセルの人数が比較的少ないセルは、正社員に担当させ、１人当たりの工程数が少なくセル内の人数が比較的多いセルは、非正社員に担当させるなどである[3]。一系列のライン生産システムとは違って、セル生産システムは分散型であるので、同じセルばかりで構成する必要がないという特徴を活かし、製品特性、作業者の質、生産能力、需要変動などに合わせて様々なセルを展開するようになってきた。

2.2　ライン生産システムとの併用

セル生産システムが進展する中で、ライン生産システムかセル生産システムかの二者択一では

[1] 本稿は、拙稿「セル生産システムの進展要因－2000 年代における日本企業の事例を中心に－」藤本雅彦編著『経営学の基本視座－河野昭三先生還暦記念論文集－』まほろば書房、2008 年、297～327 頁をもとに、その後の変遷を加筆したものである。

[2] 信夫千佳子『ポスト・リーン生産システムの探究－不確定性への企業適応－』文眞堂、2003 年、104 頁。

[3] 木村知史・吉田勝「特集：このままでは危ういセル生産」『日経ものづくり』日経ＢＰ社、2004 年７月、46 頁。

なく、ライン生産システムとの併用を選択する企業が出てきた。例えば、需要変動に合わせて、繁忙期と閑散期に２つの生産システムを臨機応変に活用する[4]。また、個別生産や多品種少量生産にはセル生産システムを用い、大量生産にはライン生産システムを用いる[5]。さらに、作業の難易度に合わせて、作業者をセル生産システムとライン生産システムに振り分ける[6]。このように２つの生産システムを併用することによって、それぞれの長所を活かし、短所を補うことができる。ライン生産システムにおいては､個別生産や多品種少量生産を除いたことで､段取り換えのロス、ライン・バランスのロスなどが少なくなり、生産性を向上させることができる。セル生産システムにおいては、多品種少量に合わせた設備を準備し、作業者の教育を重視することで、品質を安定させることができる。

2.3　加工の分野への拡大

近年のセル生産システムは、機械産業の組立の分野を中心に普及し、生産リードタイムの短縮や仕掛り在庫の低減の面から、リーンな特質を進展させた。しかしながら、組立の川上である部品や原材料の加工から調達においては、部品在庫の管理方法や納品体制の変更はあったものの、SCM(Supply Chain Management)全体から見ればリーン度が向上したとは言えない部分が残り、新たな取り組みが始まった。１つめは、調達リードタイムを短縮すべく、組立メーカーの工場敷地内でサプライヤーに部品を製造してもらう方法である[7]。２つめは、加工工程にもセル生産システムを導入する方法である[8]。３つめは、原材料や部品の加工工程そのものを組立のセル生産システムに組み込む方法である[9]。これらの試みで、Just-In-Time 方式が、組立だけではなく、その前工程である部品や原材料の加工にも拡大したと言える。

2.4　オートメーション化

人間系のセル生産システムを分析して、作業工程や工具を標準化し、人間の代わりに産業用ロボットによって無人で生産するというセル生産システムのオートーメーション(automation)化の試みが出てきた[10]。複数部品をロボットハンドで一気に組付けて生産性を上げ、モジュールの組み換えで多様化や進化にも対応できるロボットが登場した[11]。また、一定量をロボットで造り、変動分は人間系のセルで対応するという、ヒトとロボットの共存のセル生産システムの導入も見受けられる[12]。しかしながら、セルロボットの製造企業による自社工場への導入[13]、および一部の

---

[4] 同上稿、47 頁。
[5] 安川電機・八幡西事業所「コンベアとセルを使い分け　部品は３日以内に必ず使う」『日経ものづくり』日経ＢＰ社、2006 年 8 月、70～71 頁。
[6] 野村剛康（愛知機械工業(株)）「セル生産（ＡＧＶライン）導入後の活用」『ＩＥレビュー』日本インダストリアル・エンジニアリング協会、Vol.45,No.2, 2004 年 5 月 1 日、47～50 頁。
[7] 木村知史・吉田勝、前掲稿、43 頁、50 頁。
[8] 津呂和志・倉橋正志（オムロン(株)）「基板実装工程のセル生産設備による１個流し生産の実現」『ＩＥレビュー』日本インダストリアル・エンジニアリング協会、Vol.45,No.2, 2004 年 5 月,41～46 頁。
[9] 木村知史・吉田勝、前掲稿、29～33 頁。
[10] 熊野信一郎「人間化により機能を高める」『日経ビジネス』日経ＢＰ社、2006 年 4 月 24 日、124～126 頁。
[11] 木村知史「ロボットが働くセル生産－千手観音のごとく多数の手で組み立てを効率化－」『日経ものづくり』日経 BP 社、2006 年 4 月、109～114 頁。瀧本大輔「最先端工場を行く　IDEC 滝野事業所　“千手観音ロボ”でセル生産」『日経ビジネス』日経 BP 社、2007 年 4 月 9 日、106～108 頁。
[12] 「富士通テン　混流組立を支える設計変更」『日経ものづくり』日経 BP 社、2008 年５月、71～73 頁。
[13] 柴崎暢宏（(株) IHI)「精密組立ロボットシステムの最新事例」『ロボット』日本ロボット工業会、No.205,2012 年 3 月、11～14 頁。寺田大祐（三菱電機(株)）「サーマルリレー組立ロボットセル」『ロボット』日本ロボット工業会、No.205,2012 年 3 月、19～23 頁。

組立メーカーへの導入事例は見られるものの[14]、本格的な普及とは言いがたい状況である。コストダウン、ティーチング時間の短縮、自己組織性など乗り越えるべき課題は多いが、人手のみに依存している限り、ものづくりは人件費が安い地域へ流れるため、国内製造の強みを活かす一つの方法として今後の発展を期待したい。

2.5　海外工場への導入

海外工場では大量生産向けのライン生産システムを採用し、国内工場では多品種少量生産向けのセル生産システムを積極的に導入する企業が多い中で、海外工場にもセル生産システムを本格的に導入し、国内と同等の成果をあげる工場も出てきた。2006 年に稼働したオムロン上海では、120 型式・約 6000 仕様の多品種な制御機器をセル生産システムで製造している。同工場では、開発からサービスまで扱い、同工場での改善点を日本の工場へ環流させ、わずか１年間でマザー工場の地位を確立し、草津と上海で２トップ体制を完成したという[15]。人件費の安さだけで海外生産に立地を求めず、将来の人件費の高騰による限界を予想した取り組みであると思われる。

３．セル生産システムの進展要因

1960 年代～1970 年代に遡れば、欧米の「労働の人間化」の視点から、現代のセル生産システムのようなチーム作業方式や脱コンベア方式が試みられたが、ほとんど根付かなかった。一方で、1990 年代に登場した日本企業のセル生産システムは、機械産業を中心に多くの企業が導入し、2000 年代にかけて各社各様の発展を遂げ、1 つの生産システムとして定着しつつあるのはなぜなのであろうか。一つは、セル生産システムの適応性が、ライン生産システムよりも優れているからであろう。需要量、消費者ニーズ、作業者、技術などの不確定性要因が増す中で、メーカーは設備投資リスクを抑えながら、多品種化、頻繁なモデルチェンジ、短納期を求められる一方であり、それらに柔軟に対応しやすい。もう一つは、このような不確定性が高い経営環境下では、ライン生産システムよりも高い生産性が維持できるからであろう。チーム作業方式では、労働の人間化には有効であったものの、生産性への明確な結論は得られなかった[16]。現在のセル生産システムでは、多くの事例において、ライン生産システムを上回る生産性が報告されている。さらに、2000 年以降の日本企業のセル生産システムは、支援システム、多能工の育成、マネジメントのリーダーシップなどによって、適応性と生産性を向上させたのではないかと考える。

3-1　支援システム

3-1-1　自己管理システム

ライン生産システムからセル生産システムへの改編時に、多くの生産管理者が問題に挙げるのが、ペースを管理できるかどうかである。1990 年代の多くのセル生産システムでは、生産目標はあるものの、ペースは作業者に任され、彼らのモチベーションによって維持されていた。2000

---

[14] 藤原茂喜他（パナソニック(株)）「パラレルリンクロボットを用いたマシンセルの進化」『ロボット』日本ロボット工業会、No.205,2012 年 3 月、24～27 頁。金平徳之（川田工業(株)）「産業用双腕ロボット『NEXTAGE』への取り組み」『ロボット』日本ロボット工業会、No.205,2012 年 3 月、28～31 頁。

[15]「強さは世界で磨く　中国発の革新、日本へ環流」『日経ビジネス』日経ＢＰ社、2007 年 10 月 8 日号、26～28 頁。

[16] Umstot,Denis D., Bell,Cecil H. Jr., and Mitchell, Terence R., “Effects of Job Enrichment and Task Goals on Satisfaction and Productivity: Implications for Job Design,” *Journal of Applied Psychology*, Vol.61, No.4, 1976, pp.379-394. Hackman, J. Richard, Pearce, Jone L., and Wolfe, Jane Caminis, “Effects of Changes in Job Characteristics on Work Attitudes and Behaviors: A Naturally Occurring Quasi-Experiment,” *Organizational Behavior and Human Performance*, 21, Academic Press Inc.,1978,p.301.

年以降には、作業時間について、標準時間との差を明示し自己管理に役立てる支援システムが出現した。愛知機械工業では、AGV(Automated Guided Vehicle:自動搬送台車)に付けたライトの色で標準作業時間からの遅れを知らせる[17]。森精機製作所では、ユーザーが稼働状況を監視できるように工作機械に組み込んだシステムを転用して、標準作業時間との差を分析する実績管理システムを構築した[18]。このような自己管理システムによって時間管理が容易になった。

3-1-2　作業支援システム

セル生産システムは、１人や数人で完結した業務を担当するため、作業者のレベルがそのまま品質に影響を与え、品質のばらつきが出るのではないかということも疑問視されていた。オムロンでは、取るべき部品が入った部品箱をランプで指示し、作業者が正しい部品を使ったかをセンサーでチェックし、作業指示システムにフィードバックする[19]。コマツ・小山工場では、作業台脇のディスプレイには、動画や静止画で作業手順が示され、使用工具、締め付け箇所の数、標準作業時間や経過時間などが表示される。この作業支援システムにより、新人でも１週間以内で目標作業時間を達成できるという[20]。作業者の習熟のみに任せるのではなく、作業支援システムを導入することで、作業者のミスを防ぎ、習熟を推進しようという試みである。

3-2　多能工の育成

セル生産システムは、ライン生産システムに比べて、作業者１人当たりの工程範囲が広いので、多能工の教育や訓練に時間がかかることも課題である。これに関して、教育支援システム、教育制度などで積極的に多能工を養成する企業が出てきた。

3-2-1　教育支援システム

富士工業・白河工場では、パソコンで疑似体験できる教育ツールを構築し、新たに担当する作業者の教育、および作業改善についてディスカッションするために活用されている。この成果として、工数の 23%削減、作業者の品質意識の向上、作業者の積極的な KAIZEN 活動への取り組みを挙げている[21]。このように教育支援システムを導入することによって、作業者の技能の習得に成果をあげることができる。

3-2-2　教育制度

キャノンでは、2000 年から「マイスター制度」を導入し、多能工の育成教育に注力しており、作業者のレベルに応じて工程数を決め、技能レベルの異なる作業者を臨機応変に配置して多品種少量生産に対応している。キャノンのマイスターとは、「最初から最後まで自律して作業・業務をこなす一流の作業者」である。４年間で S 級 23 人、１級 79 人を認定したが、彼らは国内外生産要員 55,000 人の頂点に立つ従業員であり、職場のリーダーとしての役割を担っている[22]。このように多能工を育成する教育制度を充実させることで対応する企業も現れてきた。

3-2-3　非正規従業員の多能工化

---

[17] 木村知史・吉田勝、前掲稿、55～56 頁。
[18] 同上稿、56 頁。
[19] 同上稿、59 頁。
[20] 同上稿、58～59 頁。
[21] 大澤祐司「作業者の判断を少なくしたラインで品質と生産性を向上させた富士工業・白河工場－デジタル技術を駆使し、セル生産支援システムを構築－」『工場管理』日刊工業新聞社、Vol.51, No.10, 2005 年 8 月, 66～73 頁。
[22] 相馬隆宏「キャノン絶好調の理由」『日経情報ストラテジー』日経 BP 社、2004 年 7 月、52～55 頁。木下健司（キャノン(株)生産企画センター生産調査部部長）「セル生産を支えるキャノンのマイスター」『IE レビュー』日本インダストリアル・エンジニアリング協会、45 巻、第 2 号、2004 年 5 月、54～55 頁。

労働形態の多様化によって、製造現場では、正社員だけでなく、非正規社員の活用が重要となってきた。医療検査機器メーカーであるシスメックスの加古川工場では、地元のパートタイマー労働者160人が複雑な医療機器を1人で組み立てている。それを容易にするために、液晶画面に作業手順が立体画像で表示される作業支援システムを導入している。図面をあらゆる角度から見ることができ、新人の作業修得期間が1ヶ月から半月に短縮された。同社が非正規従業員を活用して国内生産を維持するのは、国内中心の材料調達、開発やマネジメントとの接近、作業レベルの維持などが理由である[23]。国内の労働コストが高くなるデメリットを非正規従業員の採用で緩和しながら、作業レベルの維持、国内立地の有利さなどのメリットを活かす方法である。

3-3　マネジメントのリーダーシップ

3-3-1　トップ・ダウン型

セル生産システムを導入・定着・進展に欠かせないのは、トップ・マネジメントのリーダーシップである。第一に、ライン生産システムからセル生産システムに改編するような全体システムの再構築は、トップが後押しすることによって、生産管理者は安心して取り組むことができる。キャノンの御手洗富士夫社長は、「生産本部の連中だって、新入社員の時から続いている方式をガラリと変えるのは怖いはずです。だからこそトップが『責任は俺が取るから』と恐怖感を取り除いてあげることが必要なのです」[24]と語っている。第二に、新しい生産システムを1つの工場で成功させた場合、同じシステムを全社展開したほうがその成果を有効活用できる。キャノンは、セル生産システムを一気に4年間で全社展開して大きな成果をあげた[25]。一方、ソニーは、半世紀前から試行錯誤を重ね、一時中断ののち、1990年代から複数の工場で再開していたにもかかわらず、トップ・マネジメントの後押しがなく、それらの経験を活かしきれなかった[26]。第三に、セル生産システムは、製造分野以外の部署への波及効果が大きい。セル生産システムの導入が、当初は、組立工程だけであったものが、その前工程の加工工程まで進み、さらに営業や開発にも波及することで大きな成果を得ることができる。キャノン電子の酒巻久社長によれば、「セル生産システムに変えることで、開発や販売の手法、在庫の仕組みまで変わった。この相乗効果によって、キヤノンは大きな成果を手に入れました」と述べている[27]。セル生産システムの導入から進展に至るまで、トップがいち早く意思決定し、後押しすることで進展していくと考えられる。

3-3-2　ミドル・リード型

ミドル・マネジメントが、リーダーシップを発揮して、セル生産システムを進展させた事例も現れた。ローランド・ディー・シーの関伸一部長（導入時は係長）は、セル生産システムの推進役としてリーダーシップを発揮し、作業者の自律性に任せることで職場のモラールを高め、生産性を向上させた[28]。同社は、2002年3月期の連結売上高が約121億円だったのが、2006年3月

---

[23] 大西孝弘「シスメックス　国内で低コスト熟練工を」『日経ビジネス』日経BP社、2010年7月26日、60～62頁。
[24] 「キヤノンが伸び、ソニーが落ちたワケ」『日経ビジネス』日経BP社、2004年4月12日、34頁。
[25] 荒井裕之『キヤノンの高収益システム』ぱる出版、2005年、52～54頁。「キャノンが伸び、ソニーが落ちたワケ」、前掲稿、34頁。
[26] 信夫千佳子、前掲稿、318頁。「キヤノンが伸び、ソニーが落ちたワケ」、33頁。
[27] 酒巻久『キヤノン方式のセル生産で意識が変わる　会社が変わる』日本能率協会マネジメントセンター、2006年、97頁。
[28] 「ローランド　ディー　ジー、関伸一（47歳）『明るい工場』の生みの親にして600億円の男」『日経ビジネス』日経BP社、2006年2月6日、32頁。

期には、289 億円となり、同時期で連結経常利益は５倍となり、時価総額では 10 倍に拡大した[29]。同社では、１人方式のセル生産システムを工場全体に導入しているため、すべての作業者が業務用大型インクジェットプリンターの組立に関するすべての工程をこなす。それを可能にするためにパソコンの画面に作業指示が映し出されるＩＴ化された作業支援システムが導入され、10 台も組み立てれば平均的な速さになるという。前述の自己管理システム導入企業のようにペースを半強制的に管理するのとは異なり、作業者にはノルマがなく、体調が悪ければ休んでも良いとしている。しかし、全体の生産目標は達成しなければならないので、遅れ気味のときには増員も厭わずセルを増設し、全体の組み合わせで調整する[30]。現場の従業員の働きやすさを優先することで、従業員のモチベーションを高めて、生産性を増大させている。このような運営方法は、現場を熟知したミドル・マネジメントならではの発想である。

3-４　製造部門から事業全体への展開

デジタルカメラで世界シェア第一位のキヤノンは、国内に生産拠点を構えるメリットを最大限に活かし、製造と開発や物流などと連携させている。同業他社が外部委託を強める中で、2010 年においても 100%自社生産を維持している。デジタルカメラのマザー工場である大分キヤノン大分事業所では、１台を 50 秒で作るという自動化ライン並のスピードのセル生産システムを構築した。一方で、セル生産システムでいくら生産効率を上げても、業務全体の生産効率を改善しなければ、成果は限定的である。同工場では、セルで完成した製品は、工場からトラックに載せてそのまま出荷することで物流の効率化を図っている。また、ある機種の交換レンズについて、試作モデルを作らずに CAD システムの上だけで不具合を解決する量産化を実現した。製造部門が図面段階から開発の議論に加わり、金型の製作準備を始め、調達先について情報共有するなど、製品化のスピードを格段に速めている[31]。このように製造部門にとどまらず、事業全体の革新につながるかどうかが業績向上の要であると考えられる。

４．結び

セル生産システムの導入が、組立分野だけでなく、一部の加工分野にも拡大し、部分最適から全体最適へと進展した。また、セル生産システムを支援するシステムの進展があり、工作機械や工場のオートメーション化にも影響を与えつつある。多能工の育成やマネジメントのリーダーシップも重要な進展要因である。さらに、キヤノンの事例を見る限り、開発や営業などの他部門との統合メリットは大きいと思われるが、他企業ではあまり見られなかった。

本稿では、セル生産システムの進展要因について述べてきたが、残された課題については別の機会に議論したい[32]。本研究では、セル生産システムに関する公表資料に依拠して整理したが、未公開の工場で進展しているものがあるかもしれないので、分析範囲については限定的である。

---

[29] ローランド　ディー　ジー　「決算説明会資料」http://www.rolanddg.co.jp/ir/reference/0401.html,2006 年。
[30] 「ローランド　ディー　ジー、関伸一（47 歳）『明るい工場』の生みの親にして 600 億円の男」、32～35 頁。
[31] 伊藤正倫「キヤノン　セル生産が司令塔」『日経ビジネス』日経 BP 社、2010 年 7 月 5 日、34～40 頁。
[32] 信夫千佳子「セル生産システムの課題－自律化と統合化の視点より－」『桃山学院大学経済経営論集』第 50 巻第 4 号、2009 年 3 月。