

○中塚信雄，堀田正明，加守田裕樹（オムロン），福田好朗（法政大），須川成利（東北大）

1. はじめに

製造業は、顧客ニーズの多様化が加速されているため、設計プロセスや生産形態も変化対応を余儀なくされている。

製品の観点から見ると、顧客ニーズの多様な変化に対応するためには、製品の進化に対応可能な設計プロセスの革新が必要である。一方、それらの製品の生産の観点から見ると、多品種少量の生産プロセスが必要であり、また新設ラインの場合には、その立ち上げを可能な限り垂直化する必要がある。さらにオペレーション中のロスミニマイズは必須である。

また別な観点から課題を整理すると、多様化対応のために混流生産をいかに実現するか、品質を確保するために揺らぎのない品質制御をいかに実現するか、およびいかにモジュール技術などを駆使して効率的な生産を実現するか、などである。これらの課題は、製品のジャンルや生産拠点の特性や生産ラインに求められる事業的・経営的要求により、ケースバイケースで異なる対応が必要ではあるが、生産システムのモデルとしての考え方で重要なのは、設計プロセスと生産プロセスをいかに繋ぐかにある。

この繋ぎのところが、製品設計と生産の垂直立ち上げと安定品質を確保するために重要であり、本研究のモジュール技術に関わるものである。課題解決のためには、製品機能を定義しモジュール化した設計モジュールとその機能に基づく工程モジュールを作製する製造プロセスを実現することが必要である。その生産システムを設計するフレームワークを新たに創出し、この設計フレームワークを産業用オートメーション機器の製品の生産システムに適応した。機能と工程のモジュール化で製品の多様化を最大にし、工程を最小化することができ、機能品質を確保できたので、ここにその基本モデルと実現事例を記す。

2. 生産システムの進化

製造業における生産システムの変遷を概観する。フォード社は 1910 年にハイランドパーク工場を新設し、移動式組み立てライン、専用工作機による部品互換性の徹底、作業細分化などをし、組み立て生産性を、従来の生産システムから 10 倍以上に引き上げた。さらに 1919 年に、リバーラージュに製鉄所やガラス工場を含む新しい一貫生産工場を建設し、当時、鉄鉱石の高炉投入から自動車組み立て終了まで、48 時間の短いスループットを実現した。しかしモデルチェンジに対する柔軟性を失ったという欠点を有した。

これに対して複数のモデルで市場をカバーするため、1920 年代後半にジェネラ

ル・モーターズは、定期的モデルチェンジ、部品共通化に基づくフルライン商品政策、およびデザイン・開発部門の拡充などにより、フレキシブル大量生産方式を導入・実現した。

1950年代には、NC (Numerical Control) 工作機械による自動化省力化の実現、1960年代には、DNC (Distributed Numerical Control) システムによる群管理生産システムが開発された。1970年代には、CNC (Computerized Numerical Control) 化が始まり、FMS (Flexible Manufacturing System) が開発された。1980年代には、産業用ロボットが普及し、効率の良い FMS を開発するため、各種シミュレーション技術も開発された。さらに後半には、通信・ネットワーク技術の進展により、CIM (Computer Integrated Manufacturing System: コンピュータ統合生産システム) が開発された。1990年代に入ると、より人間を活用した、スリムでコストがかからない生産システムが指向され、セル生産が主流となってきた。(図1)

	1945	1960	1975	1990	2005
	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代	第5世代
基本的事業化	●多量生産型製造 ●自動化システム	●単一品種大量生産 ●自動化システム	●多品種少量生産 ●情報化システム	●多品種中量生産 ●変型生産システム	●中品種中量生産 ●変型生産システム
市場要求	●安価・大量	●大量・品質	●多様化	●パーソナル	●パーソナル
主要	●バリエーションの短縮 ●生産効率の向上 ●生産量の増大	●品質の向上と安定 ●生産性の向上 ●生産量の増大 ●自動化率	●コストの多様化 ●作業量の不足 ●追加投資の削減	●製品寿命の短縮 ●作業量の不足 ●追加投資の削減	●製品寿命の短縮 ●作業量の不足 ●追加投資の削減
代表的な生産システム	●フォードシステム (Automaton)	●FMS	●FMS ^{M1} ●CIM ^{M2}	●セル生産 ●CIM ^{M2}	●セル生産 ●CIM ^{M2}
特長	●バリエーションの短縮 ●作業効率の向上 ●自動化率	●作業の効率化 ●無駄の排除 ●Automation	●物と情報の一体化 ●高度 ●作業量の不足 ●追加投資の削減	●パーソナル ●追加投資の削減	●パーソナル ●追加投資の削減
生産管理	●科学的時間管理手法 ●原簿・OR ^{M4}	●生産管理基盤 ●原簿方式 ●QC(品質管理)	●7R(7R)	●7R(7R)	●7R(7R)

図1. 日本における生産システムの変遷

これらの進化的変遷は、各種各様のセンシング技術の進展とIT全般の低価格普及の背景の中で実現加速されている。

高性能高品質を要求される産業用オートメーション機器の製品の生産においては、これらの生産システムの進化に沿いながらも、さらに多品種少量生産システムの開発が要求されていた。進化する製品仕様の設計とそれらに対応した製造工程の設計を、モジュール技術で具現化し、しかもそれらのモジュールの機能と工程が、一対一に対応することを基本とした。さらにそれらのモジュールごとに高品質を確保するために、工程ごとに検査を実行し、後工程に欠陥を流さない機能品質完結生産を実現した。

3. 最適化社会での生産システム

1970年に提示された未来予測法 SINIC (Seed-Innovation to Need-Impetus Cyclic Evolution) 理論では、科学と技術と社会の三者間の円環的發展形態が示されている。つまり、科学から種を得、新技術が開発され、社会を革新する。また、社会的要望・必要性を満足させる新技術が開発され、科学を刺激し新たな科学を構築する。円環的展開が、原始社会・農業/工業社会を経て、現在情報化社会から最適化社会に変遷しようとしている。(図2)

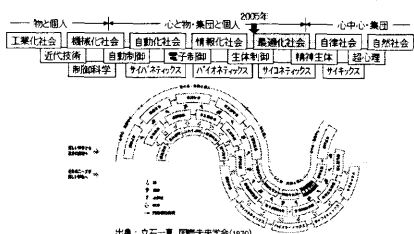


図2. SINIC 理論

最適化社会は、物質的豊かさよりも精神的豊かさを、生産性と効率の追求から

品質・安全・環境を、部分最適よりも全体最適を、コストダウンのみの追求から付加価値への要求へ、機械が人を支配するよりも人と機械のベストマッチングを、MTBFよりもさらにMTTRを、求めていく社会である。このような社会環境の中では、多品種少量生産から、超多品種極少量生産へ、さらに、例えば、同一ライン上で、一個流れた後に異機種が数百個以上も流れるような、変種変量型の超多品種極少量生産システムへと、生産形態を進化させていかないと、経営満足と顧客満足を同時に実現することは困難である。

製品機能と工程をモジュール化技術で一対一に繋ぐことで、最適化社会に最も相応しい生産形態を実現したのが、本研究の主題である機能品質完結生産である。その実現手段の要が、機能・工程設計フレームワークである。

4. 実現事例

産業用オートメーション機器の生産に、この機能・工程設計フレームワークのモデルを適用した事例により、生産プラットフォームの検討とフレームワークの基本を述べる。

生産プラットフォームの基本コンセプトは、次のとおりである。

- (1) モジュール単位で品質・機能を確保し、選択・組み合わせを容易にする。
- (2) 世界中のどこでも造れる部品加工技術・製造組み立て技術を確立する。
- (3) コアモジュールは一極集中で高レベルのQCDを確保する。
- (4) モジュール生産方式による在庫レス化、短納期対応を実現する。

生産プラットフォームの進化を（図3）に示す。改善前の多品種少量生産では、製品ごとの専用ラインで、ロット単位で、見込み生産をしていたため、仕掛在庫・長リードタイム・製品在庫に関して問題を抱えていた。ステップ1では、製品機能・工程のモジュール化・共用化設計により、製品組み立てラインのフレキシブルでスピーディな異機種混流化を図り、不動製品在庫レスと製造リードタイムを大幅に短縮した。

ステップ2では、コアモジュール生産を自動組み立てと部品インライン加工を同期化し、モジュール在庫と部品在庫の削減および製品在庫レスを実現し、基本的にワンデイデリバリーで顧客要求に応えることができるような仕組み構築をした。

機能・工程設計フレームワークについて、モジュール化・共用化設計の観点から述べる。対象製品機種群全体を鳥瞰し、製品と構成部品種類、素材と加工方式、生産工程経路について、マトリクス的に現状認識・分析・進化の方向性を鑑み、モジュール化設計を行う。製品と構成部品については、VE (Value Engineering) により、製品機能と構成部品の関係を分析し、従来の都度設計における重複・類似・分散などを、結合・置き換えで機能モジュール化を進めた。また、素材と加

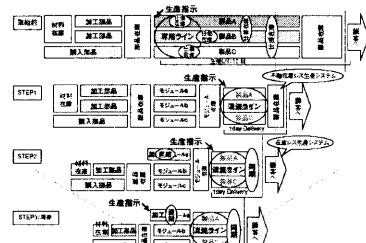


図3. 生産プラットフォームの進化ステップ

工方式については、該当コストと流動数量の関係を分析し、高コストあるいは少数部材の共用化検討を優先化した。生産工程経路については、作業難度・モノと情報の流れの簡素化に重点をおいた。

特に生産工程の検討では、従来の生産工程が、同一機能を分散したライン、後工程で不具合が発生し易いバランスの悪さ、工程内での品質保証の不明確な「機能分散・後工程検査ライン」であり、完成品頼りの品質管理であったので、機能品質のブロック化と工程内品質保証の実現に注力した。(図4)

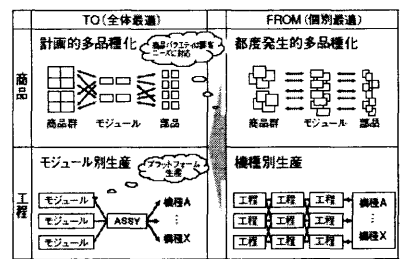


図4. 機能と工程のモジュール化設計

5. 終わりに

機能・工程設計フレームワークを活用し、産業用オートメーション機器の異機種混流型で多品種少量生産に適用可能な生産システムを構築した。また工程ごとの品質確保をした機能品質完結生産を実現したモジュール設計の効果として、部品点数の約30%削減、工程設備数の約45%削減、製品品種は約40倍の展開可能性を得た。製品構造設計と生産工程設計を同時に進め、多品種少量生産をあたかも少品種多量生産のごとくに生産するパフォーマンスを具現化した。さらに在庫の大幅な削減と製造リードタイムの大幅な短縮、製造原価・開発工数の低減に繋げることができた。

今後、このような機能・工程設計フレームワークをベースとした機能品質完結生産の基本モデルを、産業用オートメーション機器の他の機種への展開を進め、生産システムの革新に生かすとともに、幅広い製造業の時流に合った生産システム革新に向けた取り組みへのアプローチを継続していくことにより、顧客満足度と経営満足度の向上を図っていく。

<参考文献>

- [1] 福田好朗、生産システムのイノベーション、デンソーテクニカルレビュー、Vol.9 No.1 (2004)
- [2] 正木勝巳、セーフティスイッチ群生産プラットフォーム開発、オムロンテクニクス、Vol.45 No.1 (通巻152号) 2005
- [3] 田中邦明、生産システムとシステムインテグレーション、計測と制御、第42巻、第1号、2003年1月号