

Department of Social Systems and Management

Discussion Paper Series

No. 1251

電子回路製造業における設計方法論としてのDFM

— サービスとしてのイノベーション・アーキテクチャーによる分析 —

by

稲川 卓治

Feb. 2010

UNIVERSITY OF TSUKUBA

Tsukuba, Ibaraki 305-8573

JAPAN

電子回路製造業における設計方法論としての DFM

— サービスとしてのイノベーション・アーキテクチャーによる分析 —¹

稲川卓治

要旨

わが国の電子回路製造業の製品開発プロセスは、軽薄短小型高性能と低コストの同時追求による国際的競争力の維持のためにプロセスのイノベーションが求められている。イノベーションへの知識マネジメントには、トレードオフ関係にある部品知識と統合知識の冗長化が求められるとされ、分業構造にある自動車産業においては、積極的な知識交流が観察される。

本論では、電子回路製造業の製品開発プロセスのイノベーションとして DFM のあるべき姿として、情報システムによる適合品質ではなく、設計方法論として製品品質への貢献の必要性を掲げた。分業構造を含む製品開発のプロセスを SCOR モデルにより可視化し、情報環流の機会限定と設計情報の質的課題を指摘した。さらに、ヒアリングを通じ DFM の成功要因として、製造制約のパラメータ化と共有、電子回路製造のための転写情報を含むデータフォーマットの部門間運用、ユーザー主導による情報システムのカスタマイズ環境を抽出した。これらの要因は、設計情報の質的課題を解決し、情報環流を促す役割を果たしていたと考えられる。また、SSM-IA によって、DFM を機能させているオブジェクト知識の論理的な仕組みを可視化し、サービスの利用者である製造部門に対して、製品開発プロセスへの積極的参画を提案した。

キーワード：

電子回路、DFM、SSM-IA、サービス・イノベーション、サービスシステム

1. はじめに

1.1 研究背景と目的

わが国の電子回路産業は、軽薄短小型家電に見られる小型かつ高機能をもつ製品を低コストで製造する国際的競争力を持っている。しかしながら、産業として複雑な受発注構造が見られ、製品開発プロセスにおいても分業構造が見られる。自動車産業においては、知識マネジメントにおける部品知識と統合知識の冗長化を伴うイノベーションへの備えとし

て意図的な知識交流が観察されている。

電子回路製造業の製品開発プロセスのイノベーションに期待される DFM は、ツールとして情報システムの発展により品質向上をもたらしたが、総合製品品質の観点からは適合品質に留まっている。

本研究では、軽薄短小型家電の製品開発において、DFM のあるべき姿として設計品質への貢献の必要性を明らかにし、サービスとしてのイノベーション・アーキテクチャーとしての分析フレームである SSM-IA を適用し、ベストプラクティスからその成功要因を抽出することを目的としている。なお、研究の方法について、プロセスの可視化においては、SCOR モデルを適用すると共に、DFM のベストプラクティスとしてソリューションベンダーからのヒアリング及び資料提供により実証的に進める。

2. 電子回路製造業の現状と課題

2.1 電子回路製造業の現状

わが国の電子回路製造業は、日本標準産業分類として小分類 284 に該当し、その生産額は約 2 兆 5000 億円となっている[77]。日本電子回路工業会によると、電子回路製造業の産業構造として多岐に渡る工程が外部委託を含む複雑な受発注構造を指摘した上で、産業全体として、資本金・従業員ベースにて約 8 割の事業所が中小企業である実態を報告している[48]。

業態分類²された、電子基板、電子実装、専門加工における非正規雇用者の比率は製造区分を問わず高いものの、専門加工・設計においてはその比率は低くなっている（表 1）。理由として、蓄積された経験や知識に基づいた設計者個人の能力への依存が高いと見られる。ただし、設計・専門加工事業者は、その 98%が中小企業となっている。

表 1 製造区分における非正規雇用者の比率

製造区分	パート アルバイト	人材派遣 契約社員	合計	
電子基板	6.4%	27.3%	33.7%	
電子実装	26.7%	16.1%	42.9%	
専門加工	設計	6.4%	6.9%	13.2%
	製版・フィルム作成	24.3%	7.6%	31.9%
	金型製作	7.20%	19.30%	26.5%
	穴あけ	16.6%	15.1%	31.7%
	めっき	13.1%	16.3%	29.4%
その他	11.2%	26.1%	37.3%	

出所：日本電子回路工業会（2007）p.82.を基に筆者作成

セットメーカーは製品ライフサイクルの短縮により、工場の垂直立上げ要求と同時に稼働率の急減速のリスクを負うこととなった。1990年後半から分社化や事業売却を進めると共にEMSへの生産委託契約が加速した。電子部品の小型化³と製造装置の発展により製品の画一化が加速した（安部,2002）。

2000年以降、製品開発における技術動向⁴として次のような観察が見られる。CAD/CAEの技術的向上によりヒューマンエラーの防止など品質向上が進んだ。しかし、機器の小型化かつ高性能化には、部分最適から全体最適へのシフトが求められ、製品開発における各情報システムのデータ及び機能の連携と統合化が急務となっている[17,18,19,20]。伊丹ら（2006）の指摘のように、軽薄短小型家電は、擦合せのきいた設計情報を製品に丹念に転写する「擦り合わせて作り込む」タイプとされ、わが国においてその国際競争力は健在とみなされていた。

2.2 分業下における知識マネジメントの困難性

高橋ら（2005）は、内製と外製の決定要因を整理し、外製化要因である設備投資の抑制による自社の強みへの特化は、同時に技術力の空洞化への懸念を含んでいると指摘している。日本の自動車産業における分業下における知識マネジメントのジレンマについて、武石（2003）は、表2のように示し、知識分業のパターンとして、専門性による短期的な効率と冗長性によるイノベーションのための備えの必要性を指摘している。部品知識と統合知識の獲得にはトレードオフの関係が見られ、緩やかではあるものの負の相関が示されるとされる。得意分野に特化した効率的な知識分担の線引きでは短期的な効率が期待できるものの、革新的なプロジェクトにおいては、お互いの領域まで踏み込む冗長的な線引きが求められると共に、活動なき知識獲得と維持は困難であるとして知識マネジメントのジレンマを指摘している。

表2 プロジェクトの技術的新規性と求められる知識のタイプ

プロジェクトのタイプ	自動車メーカーが持つべき知識	部品メーカーが持つべき知識	知識分業のパターン
通常プロジェクト	統合知識	部品固有の知識	効率的な分業 (専門化した知識領域)
新規技術プロジェクト	統合知識および 部品固有の知識	部品固有の知識 および統合知識	冗長な分業 (重複する知識領域)

出所：武石（2003）p.183

自動車メーカーは、技術標準化、特定専門化の徹底追及を行っていると共に、一部の部品内製化の維持や、部品メーカーへの人的動員にてイノベーションへの備えとしている。

また、部品メーカーにおいても、ユニット納入と競争を通じて部品メーカーとしての統合知識への蓄えを必然とされる環境がある。

このように、分業下における知識マネジメントとして、イノベーションへの備えとしての統合知識の形成にあたり、深い専門性を持った部品知識を結ぶ知識の冗長化を促すために、人と情報の意図的かつ積極的な交流が観察されている。しかしながら、筆者はこれまでのビジネス上の知見から、電子回路製造業の製品開発にあたっての統合的知識の維持と冗長的発展を意図した人と情報の交流については、疑念と不安を感じている。

3. 製品開発及び設計方法論としての DFM の定義

3.1 製品開発の明確化

本論にあたり、研究対象の明確化と定義を示す必要がある。以下、藤本（2001）による文献[65]に帰すと、生産とは、生産要素を有用な財に変換するプロセスとしており生産における財は有形・無形を問わないものとし、有形に限定したときその変換プロセスを製造とする。また、システムとは、環境との境界において入出力を伴い適応する相互作用する諸要素集合と考え、プロセスは、入力を出力に変換するシステムと位置付け、入出力をフローとし、その出入りに対する蓄積をストックとする。

また、製品設計情報の定義にあたり、情報を示す必要がある。ここでは、情報を広義に捉え、「ほかの何かを表象する形やパターン」とし、製品がもつべき形や機能を何らかの媒体（メディア）の上で表した情報を製品設計情報とする。顧客に納品される製品は、有用なメディアに製品設計情報を刻印した生産資源の一つとされ、図 1 に示すように、その生産の活動において、同一内容の情報を異なるメディアに乗り移ることを転写とし、情報の受信・吸収により同一メディア上で情報内容が変化する場合を変形とする。

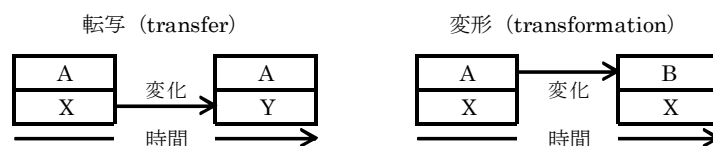


図 1 情報処理としての生産・開発活動 転写と変形の違い

出所：文献[65] p.29

本研究では、その入出力フローとして製品設計情報を主とするプロセスを議論の対象とし、生産の三大入力生産資源フローである原材料・部品、労働力、資本設備にも留意するものとする。よって、企業活動を模式化した図 2 にて示すように製品設計情報を創造する

製品開発と生産を広義に製品開発として捉え議論を進めることとする。

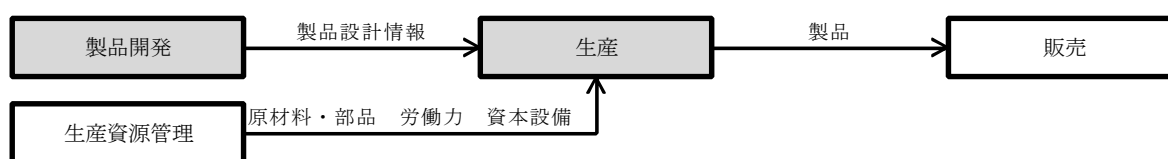


図 2 製品開発・生産システムの構成と本研究での対象

出所：文献[65] p.13 を基に筆者にて加筆

3.2 製品開発と総合製品品質

藤本は文献[66]にて、製品開発を時間軸に沿ってコンセプト作成、製品基本計画、製品エンジニアリング、工程エンジニアリングの4つに分類し、前者2つを計画段階、後者2つを本格的開発段階としている。コンセプト作成は新製品による顧客の問題解決のビジョンであり、製品基本設計は新製品が発揮すべき機能とその構造の基本設計であり、製品仕様、技術様式が設定される。製品エンジニアリングは新製品の詳細設計・試作・検証のサイクルを通じ計画段階で設定された諸目標の達成を目指す活動であり、工程エンジニアリングは工程・設備・治工具類・数値制御プログラム（以下、NC データ）を設計・製作・試験する活動である。

さらに、製品開発をプロセスの入力を目標、出力をその解決策とみなし、相互に連結した問題解決と再解釈できるとし、その意味で将来の顧客満足創出に遡ることが可能であるとし、製品開発過程と顧客満足創造過程のシミュレーションの対応関係を示している。製品の消費による顧客満足は、製品機能によってもたらされ、機能を提供する製品構造は生産工程において製品設計情報が転写されたメディアの結晶としての製品に帰すると考えられる。このシミュレーションの示唆は製品開発における写像にあり、顧客満足と製品コンセプト、製品機能と機能設計、製品構造と構造設計、生産工程と工程設計の対応関係にあるとし、各々が前述のコンセプト作成、製品基本計画、製品エンジニアリング、工程エンジニアリングに分けられる。

次に品質に関して目を向ける。藤本＝クラーク（1993）は、その製品自体がユーザーに与える顧客満足の度合いとして総合製品品質を定義し、その要素は設計品質と適合品質にあるとしている。設計品質は設計段階で意図した顧客に対して約束した製品機能であり、顧客を誘引し満足させる力とされる。また、適合品質は、設計段階で狙った製品機能の顧客の購買及び使用段階での実現度合いとされ、製品設計情報の転写精度とされる。以上よ

り筆者は、主として設計品質が計画段階で、適合品質が本格的開発段階で主として議論の中心となっていたと考える（図 3）。

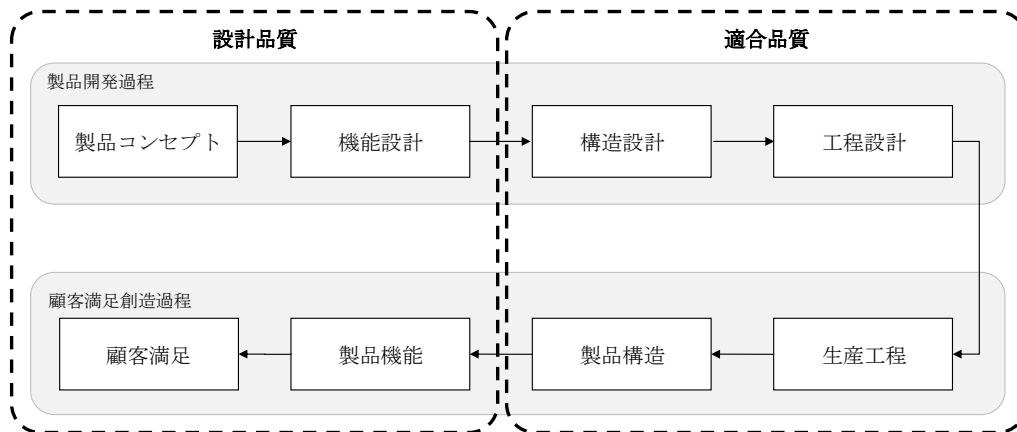


図 3 製品開発過程と顧客満足創造過程のシミュレーション

出所：文献[66] p.178 を基に筆者加筆

3.3 設計方法論としての DFM

フロントローディングとは、開発初期の処方による後半の問題解決負荷の軽減と全体の期間短縮の実現を指す[66]。フロントローディングとして、DFM に関する研究は、Boothroyd により体系化された。小型部品の組み立てコストの推定データベースの構築を経て、組み立てのための設計（DFA：design for assembly）の概念が生まれ、組み立てを容易にする製品の設計こそ設計者の統合目標であるとし、生産のための設計（DFM：design for manufacture）へと発展した[71]。現在では、DFM は、加工、組立から品質や出荷、保守など製品のライフサイクルへ配慮した設計を行うこと[65]とされ、広義として DFX（もしくは DfX）と示される場合もあり、CSR として環境配慮型設計（DfE：design for environment）を掲げる企業[76]もある。

藤田（1999）は、ものづくりにおける設計プロセスを抽象的な要求を具体的な形状、材料、製造法に変換する段階的な詳細化過程とし、その段階を、ニーズの明確化、概念設計、実体設計、詳細設計とし、循環を伴うモデルを図 4 として示した。

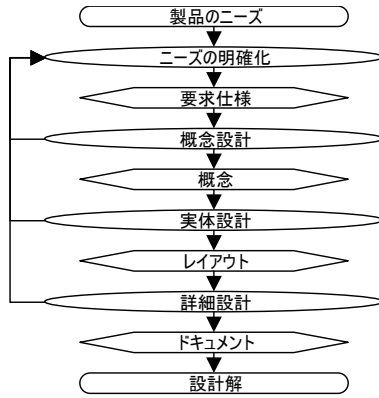


図 4 設計プロセスにおける概念設計の位置づけ

出所：藤田（1999）p.A-15

藤田（2003）は、大局的に優れた設計のためには、初期段階において適切な判断が必要であり、組立性やサービス、環境性を向上させる個々の手法による部分最適ではなく、互いのトレードオフを吟味した上で合理的な全体最適を進める方法論である DFX（DFX：design for X）が求められるとしている。DFX は、概念設計における経験的設計の視野を広げ、詳細設計における最適解の探索範囲を大きく広げることが可能であるとしている（図 5）。

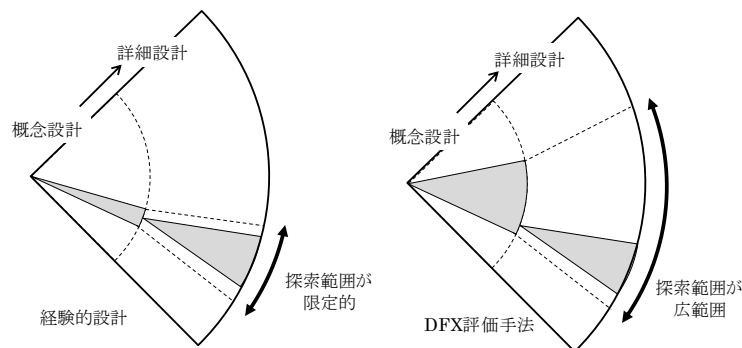


図 5 設計プロセスと DFX 評価手法：探索範囲の広がり

出所：藤田（2003）を基に探索範囲の広がりについて筆者加筆

これまで、情報システムの精密な形状情報の処理の優位性により、実体設計と詳細設計の同時並行進行に大きく寄与した DFX は、情報システムとしての商用ツールとしての認識が見られてきたが、それはむしろ適合品質の追求にあった。方法論としての DFX の議論においては、むしろ設計品質への貢献を意識させるものであり、情報システムに抽象的な概念の扱いは困難であり、その効果は期待できないことは明らかであることから、意図的な循環プロセスの源泉とその環境についての議論がなされるべきであると考えられる。

よって、筆者は、DFM を、「製品開発における適合品質と設計品質のための意図的な情

報環流による設計目標の合理的策定とその手法」と再定義することとする。

なお、本研究では、電子回路製品における製品開発を広義に捉えているものの製造部門までの工程を対象とすることから、XをManufactureのMとしてDFMと表し、議論を進めることとする。

4. SCORモデルと適用妥当性

4.1 SCORモデル

SCORモデルは、1996年に設立された非営利団体であるサプライチェーンカウンシルにより開発されたサプライチェーンにおける階層型リファレンスモデルであり、表3に示すようにプロセスの構成要素と階層が定義されている。構成要素は、計画プロセスと実行プロセス、および管理プロセスからなり、互いに連鎖する。また、階層においては、業種業態によらず3階層までを参照可能な範囲としている。第1階層は戦略レベルとされ、サプライチェーンを担うプレイヤーが担うプロセスタイプとして分類される。第2階層は戦術レベルとされ、プロダクトの流れとその特性を示すプロセスカテゴリーとして分類される。第3階層は診断レベルとされ、プロダクト、業務、情報の流れを示すプロセスエレメントが定義されている[14,15,16,55,70]。SCORモデルにおいては、管理団体SCCにより都度改訂がなされている。

表 3 SCORモデルの階層と構成要素

階層	分類	レベル	プロセス構成要素
第1階層	プロセスタイプ	戦略レベル	計画プロセスとして、計画(Plan)、実行プロセスとして、調達(Source)・生産(Make)・受注納品(Deliver)・返品(Return)、管理プロセス(Enable)のタイプからなる
第2階層	プロセスカテゴリー	戦術レベル	計画プロセスおよび管理プロセスは、全体計画・調達・生産・受注・返品にカテゴリー分類される。実行プロセスの調達・生産・受注納品は見込み生産・受注生産、受注設計生産のカテゴリーに分類、返品は欠陥・保全修理オーバーホール・過剰のカテゴリーに分類される。
第3階層	プロセスエレメント	診断レベル	各カテゴリーに応じて、4~13のエレメントによって定義されている。

出所：文献[14,15,16,55,70]を基に筆者作成

文献[29]によると、ビジネスプロセスモデリングのアプローチは、活動系列モデリング、相互作用モデリング、目標指向モデリングの3つに分類(図6)されるとし、生産性の重要性から、顧客満足の充足、さらに互いの同時追求による経営目標の達成へと時系列的にそのアプローチも多様化してきた。

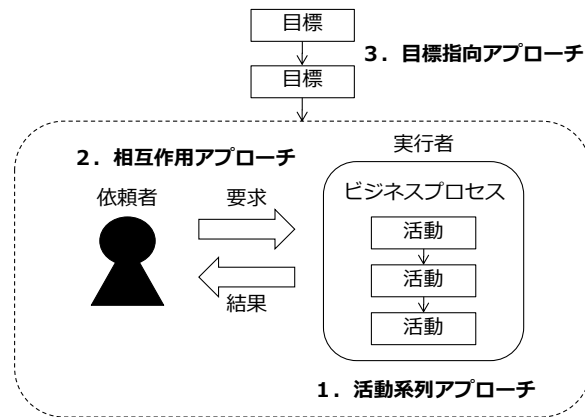


図 6 サービスにおけるモデリングアプローチ

出所：小林（2005）pp.31 に筆者加筆

また、3つのアプローチは、表4に示すようなモデリング要素を持つ。本研究にて扱うSCORモデルは、ビジネスプロセスにおいて一定の評価・枠組みを提供する目標指向アプローチに基づくビジネスモデルと位置付けられる。

表 4 ビジネスプロセスのモデリング要素

モデリング要素	モデリングアプローチ		
	活動系列	相互作用	目標指向
活動系列	○	○	○
入出力	○	○	○
役割		○	○
業務イベント		○	○
目標			○

出所：小林（2005）pp.32

4.2 本研究における SCOR モデルの適用妥当性の評価

SCORモデルに関する先行研究において、福島ら（1999）は、第一にベンチマーキングの展開により、関連業界水準を基準とした自社水準の認識が可能であるとし、第二に、一国内のみでのサプライチェーンは考えずられず、世界に準じた枠組みの重要性を述べている。

しかしながら、その適用限界への議論もある。田部井（2004）は、企業における顧客との価値交換はサプライチェーンのみに限定された活動ではなく、SCORにて十分包含されないマーケティングやエンジニアリングなどのビジネスプロセスが欠けていると指摘している。

ITソリューションのツールとしての議論において、丹治ら（2003）は、プロセスを可

視化による優位性を認めながらも、継続的な改善・改革に有効な仕組みとするためには、上位から下位までの構造の定義と共に、下位のプロセスの評価及び管理が必要となり、業務プロセスと情報システムの両仕様に熟知した担当者の必要性という課題を指摘している。また、また、下位レベルの評価が数百に及ぶこと可能性においても、更なる資源投資への懸念もあるとされる。さらに、日沖（2006）は、大規模 SCM 改革プロジェクトへの共通する障害として、サプライチェーンの広範囲性かつ複雑化により、推進担当者の息切れによる頓挫が見られるとし、実態を把握すべくデータ取得等、プロセスモニタリングの仕組みが別議論となっており、結果的に現場とプロジェクトの乖離から、結果として、情報システムの導入自体が目的化してしまう傾向を指摘している。

また、圓川（2001）は、SCM に適用される他のモデルと比較した上で SCOR モデルのベンチマーキングの有効性を認めながらも、プロセスの評価及び管理に対して非財務パフォーマンスに重きがあるとしている。この指摘は、一部の実務にも見られ、SCOR モデルによる在庫の大幅低減を実現しサプライチェーン全体の俯瞰による問題点の発見が可能で現場の意識改革への有効性を挙げているものの、サプライチェーンのコストの多くが人件費を中心とした管理費にありながらユーザーに委ねられた管理会計の手法の負担への指摘がある[75]。ただし、ユーザーの運用にて実現した事例報告（奥村,2001）もあり、分かれた評価も見られる。

以上を鑑みると、SCOR モデルには目標指向アプローチとして、実務におけるいくつかの課題が指摘されているものの、業務プロセスモデルとしてそのプロセス可視化手法としての有用性の高さの指摘が多数見られることから、企業におけるビジネスプロセスの可視化に対して、活動系列アプローチとしての SCOR モデルの適用においては十分な妥当性をもっていると考ええる。

5. SCOR モデルによる製品開発プロセスの可視化とその課題

5.1 電子回路製造における製品開発プロセス

本論での議論にあたり、電子回路製造における組織を明確にしておく。設計部門は、製品開発として製品設計情報を出力する責任を持ち、その主たる製品設計情報の設計は、設計を専門加工する設計・協力会社にて担う。製造部門は、入力する製品設計情報から製品製造のために工程設計を行い且つ製造するとする。

製品開発のプロセスを、文献[11,12,49,50,51,52]に基づき次に示す。電子回路の論理設

計により、必要とされる部品性能及びその接続が決定される。筐体設計も並行され、配線板の外形及び一部のコネクタ部品の位置が決定する。

主たる製品設計情報の設計は、使用される部品の位置とその配線は配線板専用 CAD にて進められる。軽薄短小型家電の配線板は、一般に 4~8 層の積層板であり、部品は表裏に適宜配置される。部品は、部品と配線板の接合部（フットプリント）に関する形状情報等を電子データ化したライブラリにて管理され、CAD による部品配置の際に参照される。フットプリント間を接続する配線は、100 ミクロン（0.1mm）以下の幅にて各層を任意に経由して、必要とされるフットプリントに接続するように結線される。その際、論理設計に基づく電気的特性を失わないように、電源やグラウンド、近接する配線との電磁界的干渉への考慮などの制約がある。また、軽薄短小の実現のための物理的空間制約による部品配置の調整も同時並行的に求められる。

工程設計では、製造装置、部品及び製造治工具の手配を行う。製造工程の設備は数種類の製造設備を直列的連結（以下、製造ライン）し、半田印刷、数種の実装機による部品実装、リフロー炉による半田ろう接し、配線板反転し、同様に裏面にも部品を実装する。製造部門の多くは、複数の製造ラインを持ち、異メーカーの製造設備が連結されることも少なくない。そのため、工程設計にて、使用する製造ラインに応じて、段取りの一部として NC データの作成が必要とされる。

5.2 SCOR モデルによる製品開発プロセスの可視化

一般的な電子回路製造業における製品開発プロセスを SCOR モデルにより可視化する。想定は、製品開発を行うセットメーカーであり、主たる設計業務は設計・協力会社が行うものとする。また、DFM においては、一部において設計部門内において商用ツールによる CAE としての限定的な運用が見られる状態を含むとし、筆者による再定義した DFM による意図的な情報環流は見られないとする。

プロセスに可視化に際しては、筆者のビジネス上の知見に加え、文献[1,2]による分業化を含む産業動向、最新の業界動向をヒアリング[81]に基づき作成した。また、佐伯（2008）による自動車搭載用電子機器の製品開発プロセスを鑑みても、モデル化においては合致していると考え一般性を持つとする。

可視化の対象プロセスは、計画段階にて製品開発の実行承認が得られた本格的設計段階を想定しており、主として SCOR モデルにおける実行プロセスタイプである Source、Make、

Deliver にて記述し、支払に関するプロセス要素及び計画プロセスタイプについては、割愛している。レベル 2 ではプロセスカテゴリーが 3 種類に分類されるが、受注設計生産品に対応するプロセス要素を用い、レベル 3 にて可視化する。また、配線板メーカーにおいては、プロセス要素の Make のみにて簡略化して表現している。

本研究においては、設計業務を外部委託し、その成果物である製品設計情報の有形性を問わず、サプライチェーンに準ずる企業間取引と考え、SCOR モデルの適用を試みることにする。

図 7 は、レベル 3 にて可視化した製品開発プロセスである。部門を明確にするためタイムレーンを設定した上で、設計業務および配線板の製造のプロセス要素は外部委託を示すため、グレーとして区別している。また、プロセス要素については、SCOR モデルの雛型と製品開発の実務を想定した対応として、付録 5 にて示している。

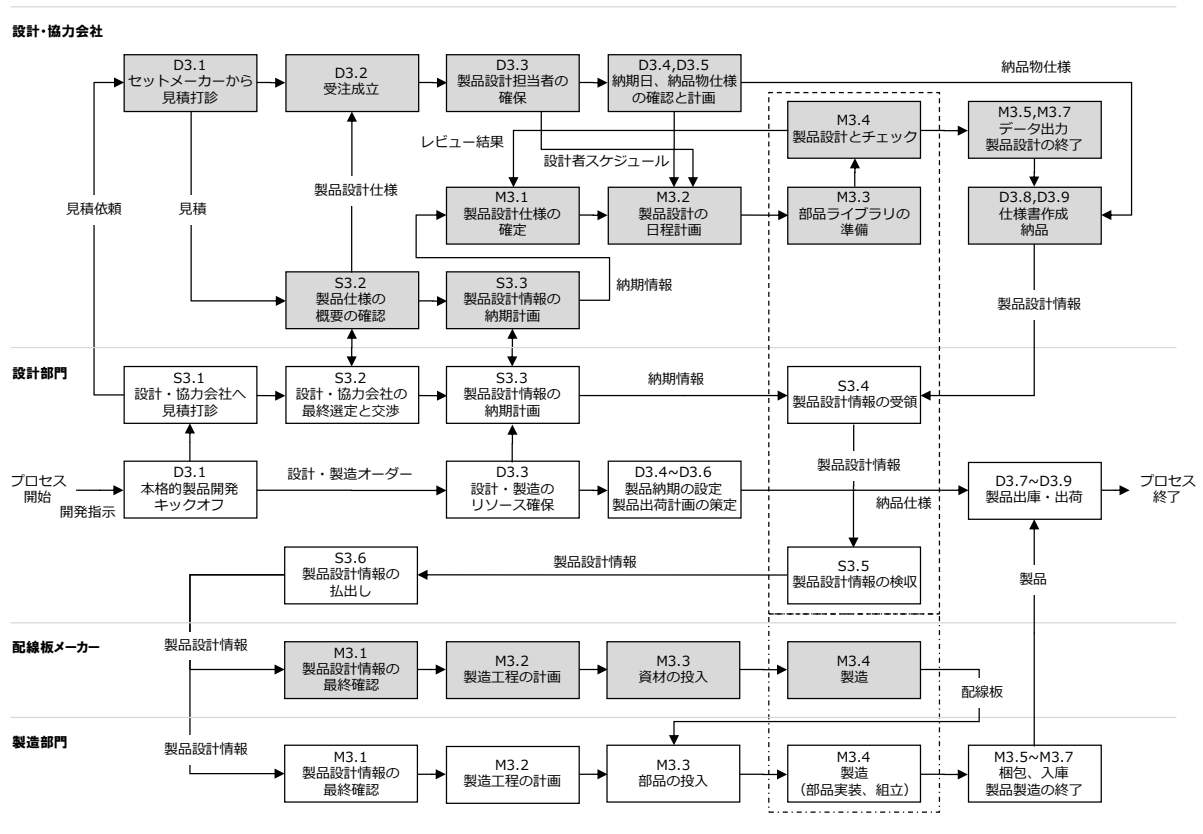


図 7 電子回路製造業における SCOR モデルによる業務プロセスの可視化

製品開発を受注設計生産の枠組みにて表現していることから、顧客とみなす製品開発の計画段階からの要求が引き金となり、本格的製品開発キックオフ (D3.1) を通じて、設計・協力会社へ見積打診 (S3.1) となる。設計・協力会社においては、1 回限りの製品設計情報の製造と解釈することで、受注設計生産のプロセスカテゴリーを適用している。設計・

協力会社の製品設計仕様の確定 (M3.1) を経て、製品設計とチェック (M3.4) にて、M3.1 と M3.5 のいずれかをとる。これは、設計業務を進める上で M3.1 にて事前に想定できなかった事態に対して、図中にて点線で示すように設計・協力会社、セットメーカーの設計部門の担当者間にて行われるデザインレビュー (以下、DR) にて、その対応策が協議され、製品設計仕様の変更が行われる。その際、DR の結果によって、仕様変更を伴い日程計画 (M3.2) に影響を及ぼす場合もある。

製品設計情報の検収 (S3.5) を経て、製品設計情報の払出し (S3.6) から、配線板メーカーの製品設計情報の最終確認 (M3.1) とセットメーカーの製造部門の製品設計情報の最終確認 (M3.1) に製品設計情報が払い出される。セットメーカーの製造部門では、製造 (部品実装、組立) (M3.4) において、配線板メーカーから部品の投入 (M3.3) にて納品された配線板に電子部品を実装する。完成品は製品として、製品出庫・出荷 (D3.9) にて出荷にて製品開発プロセスは終了する。

ここで注目すべき点は、二点ある。第一に、製造部門にて受領する製品設計情報は、設計部門が配線板メーカーに払い出す製品設計情報に準じている点にあり、製造部門における「設計情報の質的課題」とする。第二に、製造部門にて部品実装される配線板にも関わらず、製品設計の DR は主に設計・協力会社と設計部門にて進められる「情報環流の機会限定」にある。一点鎖線部に示す製造部門及び配線板メーカーの DR への参画機会は限定的な状況にある。

5.3 製品開発プロセスにおける課題

まず、設計情報の質的課題について整理する。設計部門が払い出す製品設計情報は、配線板製造用 CAM に入力される NC データが主となっており、直接転写の対象はあくまでも配線板である。配線板メーカーでは、工程設計として生産工程における仕掛準備等のための NC データの加工は行われるが、構造設計として製品構造のための製品設計情報の変更は行わない。



図 8 配線板製造のための製品設計情報

一方、セットメーカーの製造部門において、競争力を持つ製品として電子回路製品に求められる小型化、軽量化の実現のためには、表面実装技術において配線板、半田、電子部

品及び実装ラインの制御を伴う擦り合わせ技術なくしては、実現が極めて困難になっている（稲川,2007）。しかしながら、電子回路製造のための製品設計情報は部品実装を実現する転写情報ではないため、実装ライン専用 CAM にて電子部品の情報を紐付けした電子回路製造のための製品設計情報として、情報の肉付け作業を伴っている。この情報の肉付け作業はその工数の発生に加え、補完すべき情報の伝達や補完作業による製品設計情報としてその精度において、生産工程の改善の妨げや適合品質への懸念も考えられる。また、要求されるダウンサイジングを実現する部品配置、実装等の製品構造は、ろう接のための半田の量や形状を含む配線板と部品の接合部の詳細な情報が求められ、構造設計における配線板専用 CAD 同等水準の製品設計情報と設備が要求される。

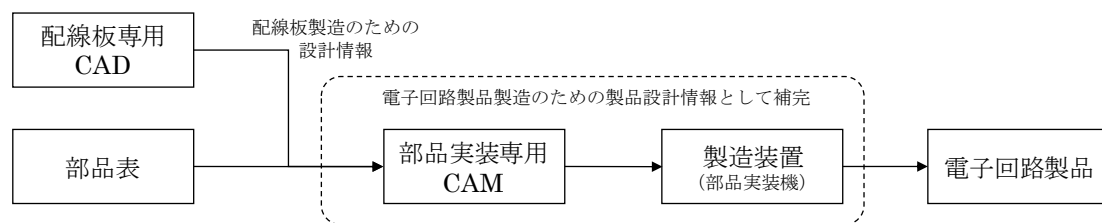


図 9 部品実装のための製品設計情報

また、情報環流の機会限定について、清野ら（2007）は、DFM に関する先行研究が製品開発・設計者への啓蒙の必要性を主な対象としており、生産技術の視点に欠けるものとし、製造部門・生産技術としての実態調査から、諸問題のとして製造負荷への配慮不足、過剰製品仕様等を挙げ、その解決策として生産工程における制約となるルールの定石化と適正精度の事前提供が見られるとしている。このように、実務においても製品開発の上流において、製造部門の参画が限定的になっている事実が窺える。

6. 製品開発プロセスのイノベーションとしての DFM

6.1 実務における設計品質への関心

藤本（2001）は、DFM が適合品質の向上の一つの方策となりうることを明確に指摘している。2000 年当初は、高密度、高機能化への要求に応えるべく配線板に、電気特性や安全性、筐体などの物理的干渉の対策の必要性に加え、部品実装や検査設備による製造制約条件への方策として DFM の効果性の指摘が見られたもの、その主眼は製造における試作削減や事前の仕様検討を通じてのコスト削減にある（藤原ら,2001;杉野ら,2007）。

しかしながら、製品の画一化により、わが国の電子回路製品の確固たる競争力の顕示のためにも、軽薄短小型家電にはその極限的なダウンサイジングと高機能化の同時追求が求

められ、単なるコストや適合品質の議論に収まらなくなった。

あるセットメーカーにおいては、DFM による設計品質への貢献の必要性が指摘されている。内平（2006）は、製造業のイノベーションとして、製品に伴う情報と知識の処理技術の活用による最終顧客への価値提供の重要性を指摘した。さらに、久保（2009）は、新製品の早期市場投入と既存製品の強化の重要課題には、先端要素技術、プロセス変革に加え、製品設計技術力の強化を挙げ、製品設計から製造において、DFM がモノづくり⁵の変革に重要な役割を果たすコンセプトであると位置づけながら、二つの領域を指示した。第一は、製造で得られた知見を製品設計にフィードバックし上流の施策にて防止する領域とされた。製造工程の改善に伴う適合品質の向上が見られたとしており、DFM が先行する半導体事業に加え、電子回路製品であるハードディスクドライブや PC の組立系製造ラインでもその成果が見られるとしている。その成功要因として、成功要因として、設計から製造、評価までの情報の電子化と共有化を挙げている。第二は、蓄積した技術を製品設計に適用し製品の差異化に寄与するという領域としており、これはまさに、設計品質に通ずる議論である。設計品質への具体的な成果については、触れられていないものの、DFM による製品の差別化への貢献の期待が高まっていることが窺える。

6.2 製品開発に求められるイノベーション

これまでの議論を整理すると次の通りである。

電子回路製造業は、複雑な受発注構造があり、セットメーカーの設計部門と製造部門、設計・協力会社、配線板メーカーと複数のプレーヤーが介在している。これまで、製品開発におけるフロントローディングの重要性、特に設計における DFM においては、手戻りの削減に挙げられるリードタイムの短縮と目標原価への追求といったコストセンターとして、情報システムによる CAE としての製品設計情報の事前検証により成果が見られた。しかしながら、総合製品品質の観点からは、適合品質への貢献が主となっており、部品及び装置の技術革新による製造技術のモジュラー化は、商用ツールとしての CAE の普及により、結果的に画一的な製品の労働生産性としての優位性をもつアジアを中心とした海外生産の猛追を受けた。

わが国の電子回路製品の競争優位性でもある小型軽量かつ高機能と低コストの同時追求こそ、顧客を誘引しかつ約束する製品機能と言え、製品構造はもはや製品機能として意識する必要に迫られ、DFM として設計品質への貢献が必須とされている。実務面からも

製品開発におけるイノベーションの必要性が指摘されており、その鍵は設計方法論として設計品質への貢献を加味した DFM にあると言える。

しかしながら、DFM には意識的な情報の環流が必要であるとされるが、一般的な製品開発プロセスには、設計情報の質的課題と情報環流の機会限定が見られ、製品構造をなし得る擦り合わせ技術へ結実し実務界からも懸念の示唆が見られる。製品開発としてのイノベーションとしても、その備えとなる統合知識の形成には、知識の冗長化が求められ、情報の環流にはその意識と共に一定の環境が求められると考える。

7. サービスとしてのイノベーション・アーキテクチャー

7.1 サービスにおけるイノベーション戦略策定方法論

企業におけるイノベーションの戦略策定のツールとして、チルキー（2005）により提唱されたイノベーション・アーキテクチャー（Innovation Architecture 以下、IA）は、主として製造業の代替技術の発見や所有技術の応用分野の開拓への適用と検証が進められた。鎌形（2006）は、IA の適用にあたり分析手順の自由度の高さからその可用性に疑問を呈し、チェックランド（1994）が提唱した複雑な人間の関与による定量的な解析が困難な問題解決へのソフトアプローチであるソフトシステム方法論（Soft System Methodology 以下、SSM）を援用し融合を試み、複雑かつ曖昧なビジネス環境に対する分析ツールとして、ソフトシステム方法論によるイノベーション・アーキテクチャー（以下、SSM-IA）を提唱すると共に、サービス業への適用可能性を示唆した。この SSM-IA は、佐藤ら（2006）によりイノベーション・アーキテクチャー戦略策定方法論として提唱された。

岩崎ら（2007）は、SSM-IA の本格的なサービス業への適用検討を進め、鉄道事業、都市計画、自治体行政サービスへの実験的適用を試み、汎用性の検証を進めた。小林ら（2008）は港湾物流サービスに着目し、荷役及び附帯業務、関連情報システムに加え、海外の港湾へ適用した。さらに、村上ら（2009）は電子行政サービスに注目し、国内外における自治体の情報システムによる市民へのサービス提供の諸活動に対して SSM-IA を適用してきた。

これまでの適用事例の蓄積により、方法論として洗練され精緻化されてきた。特に、IA の階層構造に対しては議論が繰り返され、サービスとしての SSM-IA におけるオブジェクト知識である「機能」に関係をもつオブジェクト知識は、Sato and Fukunaga(2007)、河合（2009）によって見直しが加えられてきた。これは、IA のサービスへの適用に起因するものである。

IAにて示されるオブジェクト知識はその階層をもって知識深度とされ、深化するほど知識は一般的であり、浅化するほどその知識は固有であるとされる。「機能」はこの対局を中立的に結合し、機能として概念化することで、将来の組織の決定を含蓄することとなる。しかしながら、IAのサービスへの適用においてはその特性から顧客との共創にあり、必ずしも有形財を前提としたオブジェクト知識では適合性が高くなく、深化にある知識を機能に結合するために見直しの必然性があった。

本研究では、表5に示すオブジェクト知識を支持する。

表5 サービスにおけるSSM-IAのオブジェクト知識

Original IA	SSM-IA 佐藤ら(2006)	Service SSM-IA (Sato and Fukunaga,2007)	サービスSSM-IA 河合(2009)
innovation fields / market needs	target	target	イノベーション目標
	market needs	market needs	顧客ニーズ
product / system / service	service	service	サービス
module	---	---	---
function	function	function	機能
technology / application knowledge	technology / business process	business process / service infrastructure	サービス・インフラ
scientific knowledge	scientific knowledge	scientific knowledge	技術 / 応用知識

出所：Sato and Fukunaga(2006)、河合(2009)を基に筆者作成

IAの役割は、イノベーション戦略の「鳥瞰化」とその戦略がアドホックにならぬよう策定の過程の管理にある。本研究におけるSSM-IAの適用は、ベストプラクティスに見るイノベーションの要因の抽出にあり、必ずしもイノベーションへの方策を示すものではない。なお、イノベーション戦略策定方法論としてのSSM-IAの詳細については、鎌形(2006)、岩崎ら(2007)、小林ら(2008)、村上ら(2009)を参照されたい。

8. サービスとしてのSSM-IAによる分析

8.1 SSM-IAによるDFMのあるべき姿の可視化

第一に、電子回路製造業における一般的な製品開発の現状の複雑性とシステムの相互作業の理解のためにSSM-IAを適用し、これまで議論された実務での課題の可視化を試みる。

第二に、DFMのあるべき姿の可視化を試みる。まず、電子回路製造業の製品開発としてのDFMソリューションベンダーとして注目されているバロール・コンピューター・システム株式会社(以下、バロール社)に着目する。バロール社へのヒアリングから、ユーザーでのDFMの効果的運用の成功事例を通じ、その要因抽出する。さらに、SSM-IAを

適用することで、ヒアリングから得られた知見に対して、バロール社が示す DFM のあるべき姿と現状の比較から、SSM-IA を通じてイノベーションとしての可視化を試みる。

8.2 イノベーション・アーキテクチャーによる現状の分析

本研究では、既存研究にて示された 6 層のオブジェクト知識を基に、河合 (2009) による要因抽出の考察を鑑みて、文献[26,72]によるシアター・アナロジーとして表現したサービス・プロセスである、フロント・オフィス、バック・オフィスに加え、サービス・パッケージを対応させ、表 6 に示し、以下、SSM-IA による要因抽出分析手法に従う。

表 6 SSM-IA として適応する対象知識とサービス・プロセスの関係

対象知識	本論における議論の対象	サービス・プロセス
イノベーション目標	経営の方向付け	-
顧客ニーズ	製造部門の要求	-
サービス	設計部門が、 製造工程に提供するサービス	フロント・オフィス
機能	設計工程にて実行される処理であり、 設計部門もしくは 設計・協力会社にて持つ機能	バック・オフィス
サービス・インフラ/組織	サービス提供の手段	サービス・パッケージ
技術/応用知識	サービス提供の基礎となる技術 および応用知識	-

出所：河合(2009)を基に筆者作成

SSM-IA の分析過程は付録 6 にて示すが、サービス概念の創出における主体となる設計部門の基本定義については、XYZ 分析に従い、次のように定義する。

「設計部門は、自社の高付加価値を持つ電子機器の継続的かつ発展的な市場投入のために、設計部門及び製造部門に蓄積される人・もの(コト)・情報の循環によって、部品知識と統合知識の創発的向上と発展的維持と、それら知識に基づく転写情報としての設計情報を製造部門へ払い出すシステム」

以上を踏まえ、[17,18,19,20]に加え、筆者のビジネス上の知見を加味し SSM-IA を作成⁶した。図 10 は、サービスの 3 つのプロセスに注目した SSM-IA である。

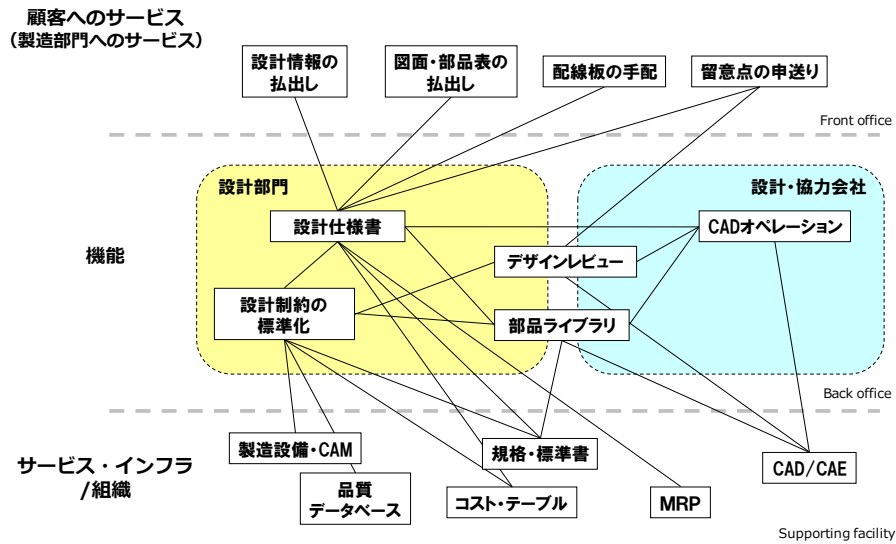


図 10 SSM-IA 一般的な製品開発プロセスにおける課題の可視化

注目すべき点は、設計部門としてのフロント・オフィスにおいて「設計情報の払出し」は、サービス・パッケージとしての「製造設備・CAM」への直接的パスが見られない。これは、一般的に製品開発プロセスの可視化にて指摘した設計情報の質的課題に示されると考える。また、設計部門と設計・協力会社を跨ぐバック・オフィスとしての「デザインレビュー」も、「製造設備・CAM」へのパスがない。これは、デザインレビューにおいて生産工程のための工程設計における部品知識および統合知識の反映を阻害している要因と見られ、製造部門の参画が限定的になっている点を示唆するものと考えられる。

加えて、「部品ライブラリ」も「デザインレビュー」同様の位置付けとしている。「部品ライブラリ」は、設計部門にて使用する配線板専用 CAD にて参照されるが、主として設計部門及び設計・協力会社にて管理、更新されているケースも少なくない。「部品ライブラリ」は、電子部品の形状に加え部品実装時の諸条件となる製造用治工の転写情報を含む場合が多い。具体例として、半田の量及び形状がそれらにあたり、配線板と部品の接合部の擦り合わせ技術の拠り所となりうる。つまり、部品ライブラリは、生産工程のための工程設計における統合知識の形式知化の可能性を秘めているものの十分に機能しているとは言い難いとみてもよいであろう。

8.3 ベストプラクティスーあるべき DFM 環境

8.3.1 バロール社が提供するソリューション

バロール社は、設計、配線板製造、電子回路製造の 3 つのプロセスに対して、CAM, CAE 機能を有するソフトウェアを提供している (図 11)。グレーにて示したソフトウェアと太

い線で示したデータの流れが、その特徴を表している。互いのプロセスに共通する統合データベースフォーマット・ODB++を提唱している。さらに、産業界に対してデータフォーマットの普及に積極的であり、電子回路製造関連の装置メーカー及び CAD/CAE/CAM ベンダーとの提携を進め、複数の他社製 CAD のデータを共通データに変換することで、3つのプロセスでの製品設計情報の可用性を高めている。また、共通データベース用のビューワーの提供も含め、情報の共有化を推し進める環境を提案している。加えて、部品メーカーの部品仕様書に準じた電子部品ライブラリを提供しており、共通データに紐付けが可能となっている。これにより、電子回路製造の転写のための製品設計情報として補完を促す枠組みを提供している。

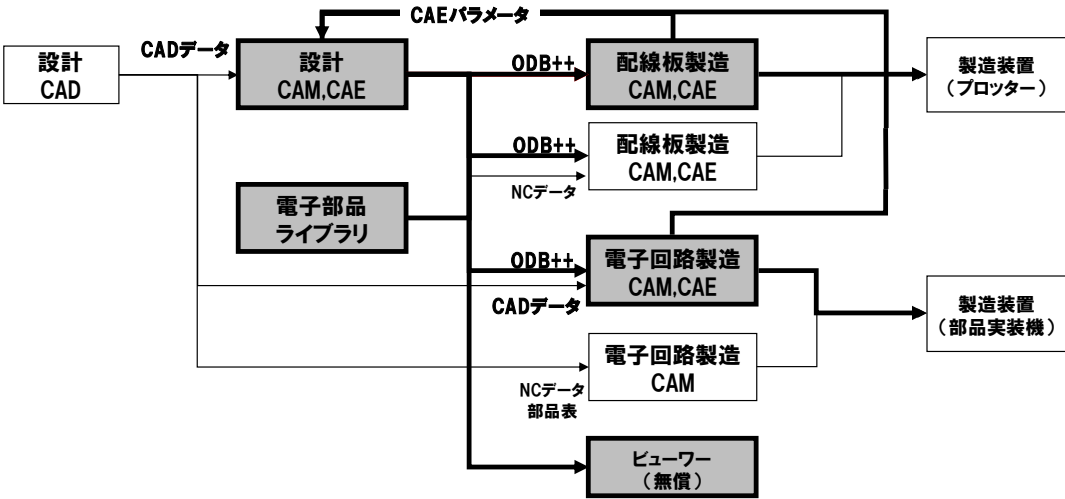


図 11 バロール社 ソリューション概念図

出所：文献[74]及びヒアリング[81]より筆者作成

8.3.2 バロール社へのヒアリングによる DFM の成功要因抽出

バロール社・中込氏へのインタビュー[81]によると、国内の DFM への関心及び取り組みは次の通りとされる。

2008 年秋の金融危機を受け、国内セットメーカーでは工場の整理統合が進み、金融危機前の確保済み予算の執行による設備投資も、2009 年度からはその活発さを失った。しかしながら、新規設備投資によらず、DFM の関心は高く、その推進傾向を特定の製品・産業に分類することはできないが、実装工程にて高価な部品を伴う場合には重要視されている。一部の EMS 系企業では、セットメーカー及び設計専門会社が連携した DFM を意識する企業間取引が見られる。

以上より、ものづくりを意識した DFM は、特定の製品種に依存するものではなく、完成品による分類は不適當と考え、高価もしくは高度な機能を有するモジュールを含む工程を持つ製品開発プロセスにて重要視される傾向が觀察される。

中込氏へのさらなるヒアリングを通じ、DFM の成功している具体事例から次の 3 点の知見を得た。

- (1) 製造制約のパラメータ化と共有がある。製造部門の参画による技術標準の数値化に加え、設計・協力会社、配線板メーカーへのパラメータ提供が見られる。製造部門の製造制約を定量的に示すと同時に設計部門及び分業先での検証可能性を高め、制約条件の共有化が図られていると考える。
- (2) 電子回路製造の転写のためのデータフォーマットによる工程間取引がある。電子部品情報を含むデータにより、製造部門による情報の補完作業が削減され、積極的な改善活動が促されている。人的資源等を漸進的な擦り合わせ技術の蓄積に投下できていると考える。
- (3) ユーザー主導のプログラム開発ができる。バロール社が提供するシステム環境は、スクリプト言語によるカスタマイズが可能であり、各プロセスに蓄積されている暗黙知をプログラム化する過程において形式知化する取り組みがある。これにより、各プロセスにて開発したプログラムを互いに提供しあうことで、結果的に統合知識の形成を促していると考えられる。

8.4 SSM-IA によるベストプラクティスの可視化とその考察

前項にて導き出した SSM-IA を基にバロール社の提唱する DFM 環境およびその成功事例を鑑みて、図 12 として SSM-IA にて可視化する。

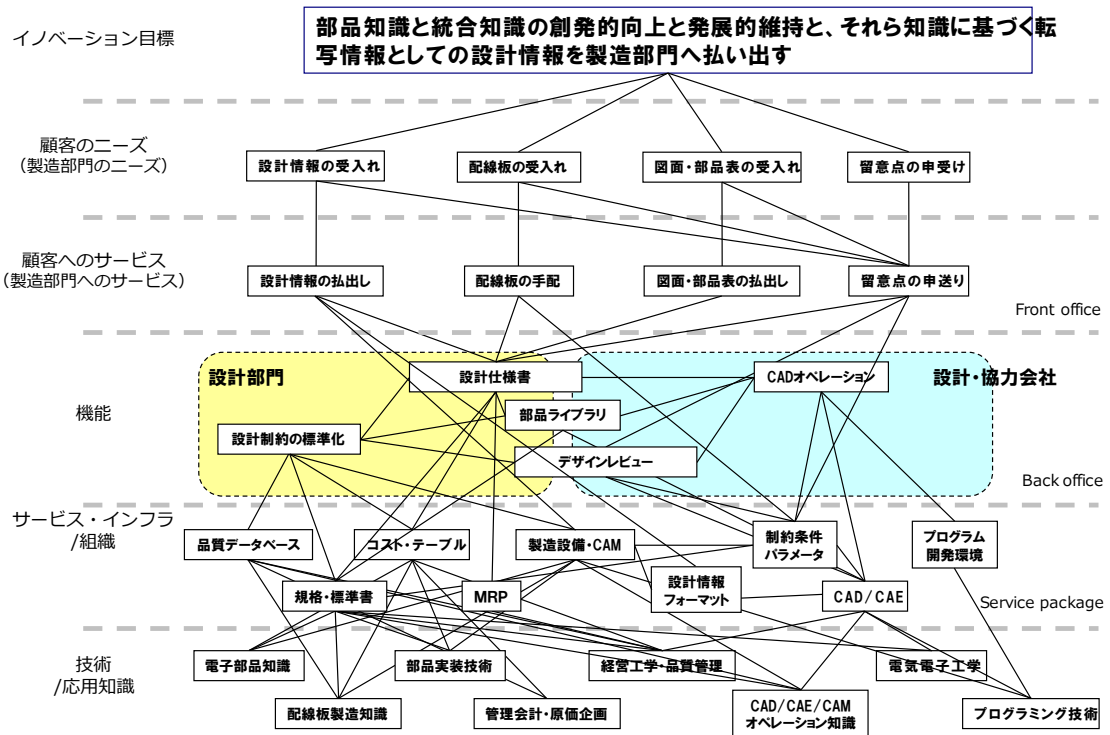


図 12 バロール社が提供するあるべき DFM 環境

図 13 は、前項にて得られた知見に深く関係する層に注目している。図 10 と比較すると、サポート・パッケージに対応するサービス・インフラとして、「制約条件パラメータ」、「設計情報フォーマット」、「プログラム開発環境」が加わっている。

「制約条件パラメータ」は、他のサービス・インフラと関係しあうことで、バック・オフィスとしての機能である「デザインレビュー」に寄与する。具体的には、本来望まれる製造部門及び配線板メーカーの関係者の同席による DR の代替としてのサービス・インフラにあたり、機能としての「デザインレビュー」を有意義なものとしている。これは、現状の製品開発プロセスにて指摘した情報環流の機会限定の解消の一要因になっていると考えられる。

「設計情報フォーマット」は、「製造設備・CAM」、「CAD/CAE」のデータ連携をシームレスにすることで、顧客である製造部門への「設計情報の払出し」に大きく寄与している。電子回路製造のための設計情報フォーマットによる部門間取引は、これまで議論してきた設計情報の質的課題の解決の第一歩であり、製造部門での設計情報の補完作業を解放している。

「プログラム開発環境」はさらに興味深い。独自プログラムによる暗黙知の形式知化とその共有には、単にサービス・インフラの提供では機能せず、利用者には知識深度として下層にある技術としての「プログラミング技術」が求められることを示唆している。これ

は、情報環流の機会限定の解消を加速させる一つの要因であると考えます。イノベーションに求められる知識の冗長化には意図的な互いの知識の交流が必要であり、また、サービスにおける共創と言える活動と考えると、フロント・オフィスに属する設計部門、設計・協力会社に加え、サービスの利用者である製造部門にもその知識獲得とサービス・インフラ利用があつてしかるべきである。この点においては、ものづくりをサービスとして捉えたSSM-IAによる考察による大きな知見と言えると考える。

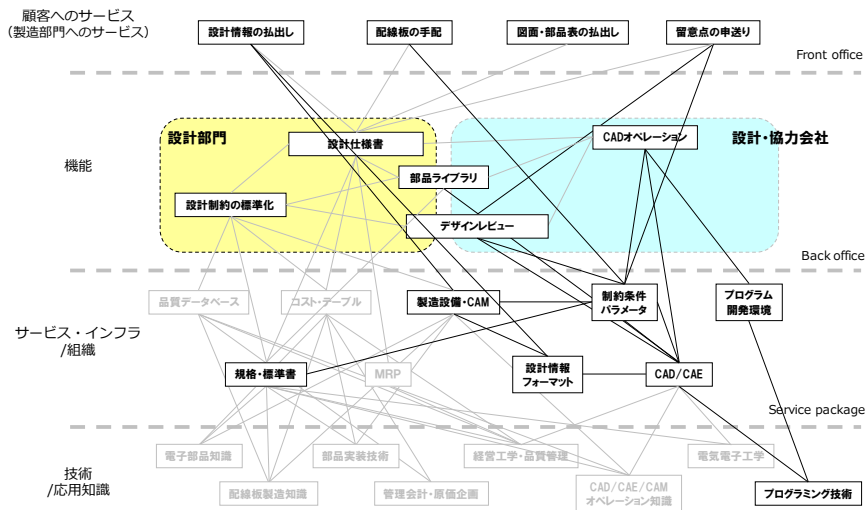


図 13 注目すべきオブジェクト知識

また、「部品ライブラリ」については、筆者として提言を加えたい。軽薄短小型家電は、製品構造そのものが設計品質の一部となっていることはこれまで議論してきた。設計方法論として示したDFMは、意図的な情報環流を必要としており、わが国の電子回路産業における競争優位性の継続的維持には、製品構造に対する製造部門にこそ、擦り合せ技術に基づく主導権があるべきと考える。これまで、設計部門と設計・協力会社では、バック・オフィスの「CADオペレーション」の延長上として、「部品ライブラリ」の構築とその維持を担ってきた。「部品ライブラリ」は、部品と配線板の接合に関する設計情報を担っており、サービスの利用者である製造部門の参画による維持管理があつてしかるべきである。以上を鑑みると、フロント・オフィス及びバック・オフィスから見た場合には、「部品ライブラリ」はサービス・パッケージとして位置付け得られるべきであり（図14）、維持管理こそが設計方法論としてのDFMが担う意図的な情報循環によるサービス利用者の共創にあるべきと考える。そのためには、「部品ライブラリ」と「設計情報フォーマット」の高い親和性が必要であり、共創した製品設計情報及びライブラリは、互いのプロセスを遡り使用するCAD/CAE/CAMおよび設備へのシームレスな入出力が求められると考える。

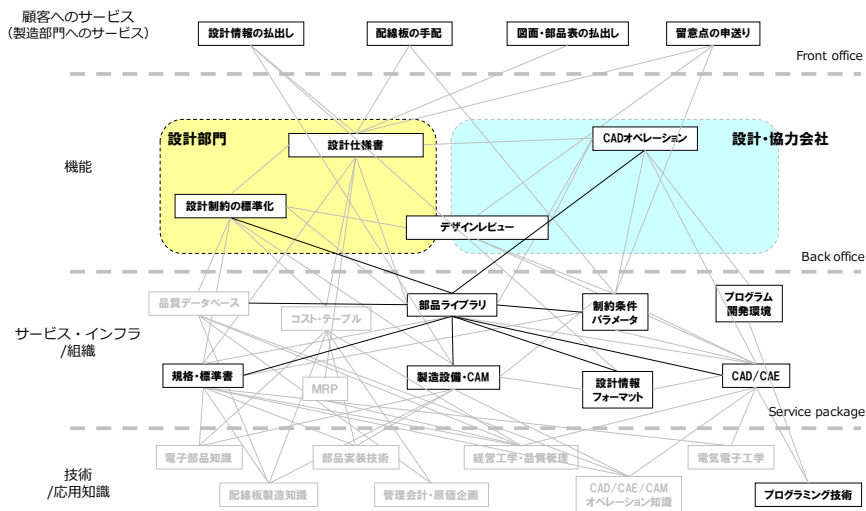


図 14 部品ライブラリの供創的インフラ

9. 結論

わが国の電子回路製造業においてその製品開発プロセスが分業構造下でありながらも、軽量小型高性能と低コストの同時追求をなす競争力のある製品開発が求められている。

本論では、製品開発のプロセスを SCOR モデルにより可視化し、情報環流の機会限定と設計情報の質的課題を指摘し、製品開発プロセスのイノベーションとして DFM のあるべき姿として、主として達成されてきた適合品質のための情報システムとしてのツールの適用ではなく、設計方法論として製品品質への貢献の必要性を示した。

さらに、DFM のベストプラクティスとしてソリューションベンダーであるバロール社からのヒアリングにて、ユーザーにおける DFM の成功要因として、製造制約のパラメータ化と共有、電子回路製造のための転写情報を含むデータフォーマットの部門間運用、ユーザー主導による情報システムのカスタマイズ環境を抽出した。これらの要因は、設計情報の質的課題を解決し、情報環流を促す役割を果たしていたと考えられる。

また、SSM-IA によって、DFM を機能させているオブジェクト知識の論理的な仕組みを可視化することができ、サービスの利用者である製造部門の参画が製品開発プロセスに求められる理由を、ものづくりをサービスとして捉えたイノベーション・アーキテクチャーにて明らかにした適用事例として、十分に研究意義があるものとする。

今後の課題として、DFM がなすべきと考える設計品質への貢献については、その具体的事例及びその効果の観察には至っていない点がある。また、SCOR モデルの適用におい

ては、製品の設計プロセスに対応したモデルの提唱も進められており、さらなるプロセスの整理も期待される。最後に、SSM-IAにてオブジェクト知識とサービス・プロセスの対応関係の理論的裏付けについて、より深い議論が今後求められると考える。以上をもって本論を結ぶ。

¹ 本論文は、平成 21 年度、筑波大学大学院博士課程 システム情報工学研究科特定課題研究報告書「サービス・イノベーションとしてのものづくりの発展」にて筆者が担当した内容及び章に加筆修正したものである。

で発表した内容に加筆修正したものである。

² 業態区分の詳細については、付録 2 を参照されたい。

³ 電子部品の小型化の変遷については、付録 3 を参照されたい。

⁴ 実装技術の変遷については、付録 4 を参照されたい。

⁵ 久保 (2009) では、モノをカタカナ表記としている。

⁶ 作成した SSM-IA については、付録 7 を参照されたい。

⁷ バロール社の企業概要については、付録 8 を参照されたい。

謝辞

本論の執筆にあたり、バロール・コンピューター・システム株式会社デザインビジネスユニット中込一夫プロダクトマネージャに、インタビュー及び貴重な資料のご提供など多大なる便宜を図って頂いた。記して感謝申し上げます。ありがとうございました。

バロール社についての記述内容は調査やサイト情報などに基づき正確を期しているが、万が一、事実誤認や間違いが含まれていれば、その責任は本論の著者にあるものである。

参考文献

- [1] 安部忠彦「日本のエレクトロニクス産業の競争力向上に向けて－EMS から何を学ぶか」『研究レポート』, No.114, pp.1-34, 2001.10 富士通総研経済研究所, 2001 年.
- [2] 安部忠彦「日本のエレクトロニクス産業の競争力向上に向けて」『Economic Review』 Vol.6, No.1, pp.10-29 富士通総研経済研究所, 2002 年.
- [3] 伊丹敬之, 藤本隆宏, 岡崎哲二, 伊藤秀史, 沼上幹『リーディングス 日本の企業システム 第Ⅱ期 第1巻 組織とコーディネーション』有斐閣, 2006 年.
- [4] 伊丹敬之, 藤本隆宏, 岡崎哲二, 伊藤秀史, 沼上幹『リーディングス 日本の企業システム 第Ⅱ期 第3巻 戦略とイノベーション』有斐閣, 2006 年.
- [5] 稲川卓治「「ENTERPRISE3000」によるプリント基板実装シミュレーション」『電子材料』, pp.98-102, 10 月, 2007 年.
- [6] 岩崎圭, 篠塚亮彦, 下岡治, 千葉愛, 寺尾章「サービスのイノベーション・アーキテクチャー概念とつくばエクスプレス・都市計画・行政サービスへの応用」『筑波大学大学院 システム情報工学研究科 特定課題研究報告書』, 2007 年.
- [7] 内平直志「製造業のサービスの特徴と知識処理技術の役割」『東芝レビュー』 Vol.61, No.12, pp.2-7, 2006 年.
- [8] SCM 研究プロジェクト, 福島美明編『日本型サプライチェーン経営への挑戦』日本プラントメンテナンス協会, 1999 年.
- [9] 圓川隆夫「組織制約を打ち破る SCM スコアカード」『品質管理』 Vol.52, No.8, pp.32-40, 2001 年.
- [10] 尾上誠司, 寺元竜一, 塩山義之「半導体プロセス DFM を実現する TCAD スルーシミュレーション」『東芝レビュー』 Vol.64, No.5, pp.22-25, 2009 年.
- [11] 岡本彬良『よくわかるプリント基板回路のできるまで－基板設計、解析、CAD からDFMまで』日刊工業新聞社, 2005 年.
- [12] 岡本彬良『よくわかるプリント基板実装のできるまで』日刊工業新聞社, 2005 年.
- [13] 奥村文隆「SCOR-Metrics を活用したサプライチェーン改革」『品質管理』Vol.52, No.8, pp.50-60, 2001 年.
- [14] 小野耕司「連載 (SCOR モデル) 1 SCOR モデルによるサプライチェーン・マネジメント改革」『経営情報学会誌』 Vol.15, No.3, pp.91-99, 2006 年.

- [15] 小野耕司「連載 (SCOR モデル) 2 SCOR モデルによるサプライチェーン・マネジメント改革」『経営情報学会誌』 Vol.15, No.4, pp.113-121, 2007 年.
- [16] 小野耕司「連載 (SCOR モデル) 3 SCOR モデルによるサプライチェーン・マネジメント改革」『経営情報学会誌』 Vol.16, No.2, pp.74-79, 2007 年.
- [17] 回路・実装設計技術委員会「回路・実装設計技術のロードマップ」『エレクトロニクス実装学会誌』 Vol.6, No.1, pp.4-8, 2003 年.
- [18] 回路・実装設計技術委員会「回路・実装設計技術のロードマップ」『エレクトロニクス実装学会誌』 Vol.9, No.1, pp.4-7, 2006 年.
- [19] 回路・実装設計技術委員会「回路・実装設計技術の現状と展望」『エレクトロニクス実装学会誌』 Vol.12, No.1, pp.7-10, 2009 年.
- [20] 回路・実装設計技術委員会「実装系 EDA の現状と今後/日本のエレクトロニクス生産技術のキー」 Vol.7, No.1, pp.3-5, 2004 年.
- [21] 鎌形俊幸「鉄鋼 e-マーケットプレイスのソフトシステム方法論による分析」『筑波大学大学院 経営・政策科学研究科 経営・政策科学専攻 修士論文』, 2006 年.
- [22] 河合亜矢子, 福永康人, 佐藤亮「サービス・イノベーション分析枠組みによる e-マーケットプレイスの分析」『Department of Social Systems and Management Discussion Paper Series』, No.1239, 2009 年.
- [23] 清野武寿, 池田義雄「デジタルマニュファクチャリングによるモノづくり変革」『東芝レビュー』 Vol.58, No.7, pp.2-7, 2003 年.
- [24] 清野武寿, 西田直人, 藤武浩二「DFM(Design For Manufacturability)を加速する生産技術マネジメント」『年次学術大会講演要旨集』 第 22 巻, pp.625-628, 2007 年.
- [25] 久保智章「モノづくり技術イノベーションが目指す方向」『東芝レビュー』 Vol.64, No.5, pp.2-5, 2009 年.
- [26] クリストファー・ラブロック, ローレン・ライト, 小宮路雅博監訳『サービス・マーケティング原理』 白桃書房, 2002 年.
- [27] 古賀裕一, 八甫谷明彦, 山本展大「Thin&Light PC の基板小型化技術」『東芝レビュー』 Vol.60, No.5, pp.15-18, 2005 年.
- [28] 小林克敏, 鈴木光夫, 山菅和人, Guillermo Zuniga Dubon, 沈櫻「港湾物流サービスのイノベーション戦略方法論による分析」『筑波大学大学院 システム情報工学研究科 特定課題研究報告書』, 2008 年.

- [29] 小林隆『ビジネスプロセスのモデリングと設計』コロナ社, 2005年.
- [30] 近藤晴彦「データを活用した品質向上のための仕組み構築」『東芝レビュー』Vol.64, No.5, pp.14-17, 2009年.
- [31] 佐伯靖雄「製品開発組織と開発プロセス—車載用組み込みシステム開発の設計と調整—」『立命館経営学』第46巻第5号, pp.193-219, 2008年.
- [32] 三枝利彰「SCORモデルとサプライチェーン・ベンチマーキング」『品質管理』Vol.52, No.8, pp.41-49, 2001年.
- [33] 佐藤亮「ビジネスプロセス工学序説」, No.1215 筑波大学, August, 2008年.
- [34] 佐藤亮, 福永康人, 鎌形俊幸「サービスのイノベーション・アーキテクチャー戦略策定・管理手法に関する考察」『経営情報学会秋季全国研究発表大会予稿集』, 2006年.
- [35] 下村雅彦, 中村禎克, 為本吉彦「SCMを支える方法論の現状と今後の展望」『三菱総合研究所 所報』第37号, pp.136-151, 10月, 2000年.
- [36] 杉野一仁, 吉江啓, 村田英一「プリント基板ユニット開発におけるDFMの取り組み」『PFU TECHNICAL REVIEW』Vol.18, No.1, pp.63-67, 5月号, 2007年.
- [37] 高橋伸夫編, 東京大学ものづくり経営研究センター『ものづくり経営講義』日経BP社, 2005年.
- [38] 武石彰『分業と競争』有斐閣, 2003年.
- [39] 田部井誠「足許から固めるSCM」『日経ものづくり』第601号, pp.162-165, 10月, 2004年.
- [40] 田部井誠「足許から固めるSCM」『日経ものづくり』第602号, pp.176-179, 11月, 2004年.
- [41] 田部井誠「足許から固めるSCM」『日経ものづくり』第603号, pp.164-167, 12月, 2004年.
- [42] 丹治秀明, 北澤祐弥, 中山健「SCMソリューションへのSCOR適用」『日立TO技報』第9号, pp.32-40, 2003年.
- [43] 電子情報技術産業協会監修『電子工業年鑑』電波新聞社, 2000,2003,2006,2009年.
- [44] 同期ERP研究所編『ERP/サプライチェーン成功の法則』工業調査会, 1998年.
- [45] 東京大学ものづくり経営研究センター『ものづくり経営講義』日経BP社, 2005年.
- [46] 戸田保一, 飯島淳一, 速水治夫, 堀内正博『ワークフロー—ビジネスプロセスの変革に向けて—』日科技連出版社, 1998年.

- [47] 日本電子回路工業会『電子回路産業調査レポート 2007年版 電子回路製造業編』
日本電子回路工業会, 2007年.
- [48] 野村総合研究所編著, 『経営用語の基礎知識 第3版』, ダイヤモンド社, 2008年.
- [49] ハイブリッドマイクロエレクトロニクス協会編「エレクトロニクス実装技術基礎講座 第1巻 総論」工業調査会, 1994年.
- [50] ハイブリッドマイクロエレクトロニクス協会編「エレクトロニクス実装技術基礎講座 第2巻 実装基板」工業調査会, 1995年.
- [51] ハイブリッドマイクロエレクトロニクス協会編「エレクトロニクス実装技術基礎講座 第4巻 実装組立技術」工業調査会, 1994年.
- [52] ハイブリッドマイクロエレクトロニクス協会編「エレクトロニクス実装技術基礎講座 第6巻 設計・信頼性評価技術」工業調査会, 1995年.
- [53] 原悟, 伊藤健志, 橋本英司「設計の後戻りを削減する実装基板の仮想設計技術」『東芝レビュー』Vol.58, No.7, 2003年.
- [54] ピーター・チェックランド, ジム・スクールズ, 平野雅章, 根来龍之訳『ソフト・システムズ方法論』, 1994年.
- [55] ピーター・ボルストフ, ロバート・ローゼンバウム, 日本ビジネスクリエイト訳『サプライチェーン・エクセレンス SCORモデルによる改革活動ハンドブック』, 2005年.
- [56] 日沖博道「BPM アプローチによる SCM 改革」『UNISISY TECHNOLOGY REVIEW』第88号, 2006年.
- [57] ヒューゴ・チルキー編, 亀岡秋男監訳『科学技術のための実践的 MOT』日経 BP 社, 2005年.
- [58] ヒューゴ・チルキー, ティム・ザオバー『イノベーション・アーキテクチャーイノベーション戦略策定の方法論』同友館, 2009年.
- [59] 福島美明『サプライチェーン経営革命』日本経済新聞社, 1998年.
- [60] 藤田喜久雄「DFX 方法論」『日本機械学会誌』Vol.106, No.1016, p.42, 2003年.
- [61] 藤田喜久雄, 松尾崇宏「製品開発における手法やツールの活用状況の調査と分析」『日本機械学会誌論文集(C編)』第72巻第713号, pp.290-297, 2006年.
- [62] 藤田喜久雄「概念設計を考える」『日本機械学会 第9回設計工学・システム部門講演会』, 1999年.

- [63] 藤本隆宏, キム・B・クラーク 『[実証研究]製品開発力 日米欧自動車メーカー20社の詳細調査』ダイヤモンド社, 1993年.
- [64] 藤本隆宏 『生産マネジメント入門 [I]』日本経済新聞社, 2001年.
- [65] 藤本隆宏 『生産マネジメント入門 [II]』日本経済新聞社, 2001年.
- [66] 藤本隆宏 『ものづくり経営学 製造業を超える生産思想』光文社, 2007年.
- [67] 藤原宏章, 岡本正規, 福原茂樹 「プリント配線板の部品実装工程の製造性評価シミュレーションツール」 『エレクトロニクス実装学会誌』 Vol.4, No.5, pp.440-444, 2001年.
- [68] 松原恭司郎 『キーワードでわかるSCM・ERP事典』日刊工業新聞社, 1999年.
- [69] 村上雅洋, 坂田達也, 佐藤雄輔, 田付徳雄, 野口信, 舛田篤史, 余瑞武 「電子行政とその情報インフラのイノベーション戦略方法論による分析」 『筑波大学大学院 システム情報工学研究科 特定課題研究報告書』, 2009年.
- [70] 渡辺和宣 「入手可能なビジネスプロセス参照モデルの紹介および利用による効用」 『電子情報通信学会』 Vol.107, No.128, pp.23-28, 2007年.
- [71] Boothroyd, G., Dewhurst, P. and Knight, W 『Product Design for Manufacture and Assembly』 Marcel Dekker, (『改訂版: 生産コスト削減のための製品設計—ブースロイドのDFMA』日経BP社, 1998年), 1994年.
- [72] Fitzsimmons J A. and Fitzshimmonz M J. Service management six edition, MacGraw-Hill, 2007.
- [73] Ryo Sato, Yasuto Fukunaga: "Managing Innovation for Service through Systems Concepts", Proceedings of the 51st Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences (ISSS) (held in Tokyo), CD-ROM, 2007.
- [74] Valor Computerized Systems, Ltd., RELEASE NOTES, 2003,2004,2005,2006, 2007,2008,2009.
- [75] 「バリューチェーンを鍛える!」 『日経情報ストラテジー』日経BP社, pp.62-66, 12月, 2004年.
- [76] タムロン, 『CSR 報告書 2009(PDF版)』, http://www.tamron.co.jp/envi/report_pdf/report2009.pdf, 2009年12月15日.
- [77] 日本工業標準調査会, <http://www.jisc.go.jp>, 2009年12月15日.
- [78] 日本電子回路工業会, <http://www.jpca.net/jp>, 2009年12月15日.

- [79] バロール・コンピューター・システム株式会社, ホームページ,
<http://www.valor.com/jp>, 2009年12月15日.
- [80] メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社, ホームページ,
<http://www.mentorg.co.jp/news/2009/091015.html>, 2009年12月15日.
- [81] バロール・コンピューター・システム株式会社, 中込一夫氏へのヒアリング, 2009
年10月14日.

付録 1 用語説明

CAD(Computer-Aided Design：コンピュータ支援設計)

「製品の形状その他の属性データからなるモデルをコンピュータの内部に作成し、解析・処理することによって進める設計」 (JIS B 3401-0102)

出所：日本工業標準調査会 (2009)

CAD/CAM

「CADによってコンピュータ内部に表現されるモデルを作成し、これをCAMで利用することによって進める設計・生産の形式」 (JIS B 3401-0104)

出所：日本工業標準調査会 (2009)

CAE(Computer-Aided Engineering：コンピュータ支援解析システム)

「製品を製造するために必要な情報をコンピュータを用いて統合的に処理し、製品品質、製造工程などを解析評価すること」 (JIS B 3000-3001)

出所：日本工業標準調査会 (2009)

CAM(Computer-Aided Manufacturing：コンピュータ支援生産)

「コンピュータの内部に表現されたモデルに基づいて生産に必要な各種情報を生成すること、およびそれに基づいて進める生産の形式」 (JIS B 3401-0103)

出所：日本工業標準調査会 (2009)

CSR(Corporate Social Responsibility)

「企業が事業活動を営む上で、様々な社会的な責務を果たそうとする取り組み。」

出所：野村総合研究所編著 (2008)

DFM(Design for manufacture)

製品開発における適合品質と設計品質のための意図的な情報環流による設計目標の合理的策定とその手法として、第3節にて筆者が再定義。

DR(Design Review：デザインレビュー)

「信頼性性能、保全性性能、保全支援能力要求、合目的性、可能な改良点の識別などの諸事項に影響する可能性がある要求事項及び設計中の不具合を検出・修正する目的で行われる、現存又は提案された設計に対する公式、かつ、独立の審査」 (JIS Z 8115：2000)

出所：日本工業標準調査会 (2009)

EMS(Electronics Manufacturing Service)

「製造業の経営効率を高めるために生まれたビジネス形態で、電子機器製造における設

計、製造に加えて、開発や物流までを請け負う受託製造サービス。」

出所：野村総合研究所編著（2008）

数値制御

「工作物に対する工具経路、加工に必要な作業の工程などを、それに対応する数値情報で指令する制御」とされ、NC(Numerical control)と略されることもある。(JIS B 0181：1998)

出所：日本工業標準調査会（2009）

セットメーカー

「最終製品を作る完成品メーカー、アセンブリ・メーカー（組み立てメーカー）を指す和製英語。」

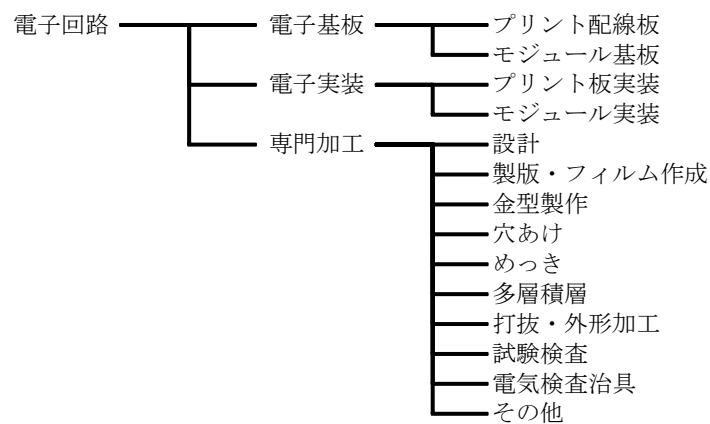
出所：東京大学ものづくり経営研究センター（2005）

配線板

「回路設計に基づいて、部品間を接続するために導体パターンを絶縁基板の表面又は表面とその内部に、プリントによって形成された板」とされる。電子基板、プリント配線板、プリント基板と称される場合もあるが、本論では配線板とする。

出所：日本電子回路工業会ホームページ（2009）

付録 2 電子回路製造業の業態の分類体系



出所：電子回路産業調査レポート（2007）

付録 3 チップ部品の主要サイズとその定性的変遷

電子工業年鑑	主流サイズ	実用最小サイズ	電子工業年鑑 電子部品・デバイスより、チップ抵抗に関する技術動向の部分引用
2000年	1.0×0.5mm	0.6×0.3mm	「チップ抵抗器は1.0×0.5mmサイズの搭載が定着化しているが、0.6×0.3mm(0603)サイズの厚膜抵抗器と薄膜抵抗器が開発され、導入が始まっている。」
2003年	1.6×0.8mm及び 1.0×0.5mm	0.6×0.3mm	「厚膜抵抗器の中心は数量ベースでは1.6×0.8mmサイズだが、移動体通信機器関連に限れば1.0×0.5mmサイズが主力となっている。(中略) 最小サイズは0.6×0.3mmサイズとなっている。」
2006年	1.0×0.5mm	0.4×0.2mm	「1005(1.0×0.5mm)サイズ、0603(0.6×0.3mm)サイズ、0402(0.4×0.2mm)サイズの超小型チップの需要が大幅に増えている。」
2009年	0.6×0.3mm	0.4×0.2mm	「国内では高密度実装化に対応した0603サイズ、(中略)、さらにモジュール分野で搭載が本格化してきた0402サイズの量産拡大への取組みが活発化」

出所：電子工業年鑑（2000,2003,2006,2009）を基に筆者作成

付録 4 実装設計技術の動向の変遷

年	概要およびボードレベル実装に関する要旨
2003	<ul style="list-style-type: none"> ・設計自動化と環境統合のデータモデルの記述方式の統一化や熟練のエンジニアのノウハウ蓄積など規範的な枠組みが必要 ・ヒューマンエラー防止のデザインルールチェック中心の設計支援による品質貢献がみられるが、CAE機能の処理速度の向上が必要 ・設計段階にて製造プロセスのシミュレーションにより、製造性と製品小型化に向けての事前検証の期待増
2006	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の高機能化、高速化、小型化により、製品開発におけるデータ及び機能の連携と統合による製品開発期間の短縮とコスト削減を実現する設計環境が急務 ・部品ライブラリ、LSI設計、配線板設計、筐体設計など各階層の統合化とその情報のフォーマット統一及び流通が必要
2009	<ul style="list-style-type: none"> ・小型化、軽量化を特徴とした高性能化とそれに伴う低コスト化を実現する世界屈指の技術力による競争力強化が必要 ・LSI、パッケージ、ボードのレベルの設計マージンが小さくなっており、個別最適から全体最適としての協調設計への要求

出所：回路・実装設計技術委員会（2003,2006,2009）を基に筆者にて加筆し作成

付録 5 SCOR モデルにおける業務プロセスと製品開発における業務プロセス

設計・協力会社における業務プロセス

要素番号	プロセス要素 (SCORモデル)	プロセス要素 (設計・協力会社)
S3.2	サプライヤーの最終選定と交渉	製品仕様の概要の確認
S3.3	プロダクト納入のスケジューリング	製品設計情報の納期計画
S3.7	サプライヤーへの支払い承認	
M3.1	製品製造設計の最終確定	製品設計仕様の確定
M3.2	製造スケジューリング	製品設計の日程計画
M3.3	資材/仕掛品の投入	部品ライブラリの準備
M3.4	製造とテスト	製品設計とチェック
M3.5	梱包	製品設計情報データ出力
M3.7	完成品のDeliverプロセスへの移管	製品設計の終了
D3.1	提案依頼/見積依頼の入手と回答	セットメーカーから見積打診
D3.2	契約の交渉と成立	受注成立
D3.3	オーダー入力、リソースの確保、プログラム開始	製品設計担当者の確保
D3.4	据付け日程の設定	製品設計情報の納期日の確認
D3.5	積載と出荷の計画策定	納品仕様の確認と計画
D3.8	車載、出荷書類作成、与信検証、プロダクト出荷	製品設計の仕様書作成
D3.9	顧客先でのプロダクトの受領と確認	製品設計情報の納品

セットメーカーにおける業務プロセス

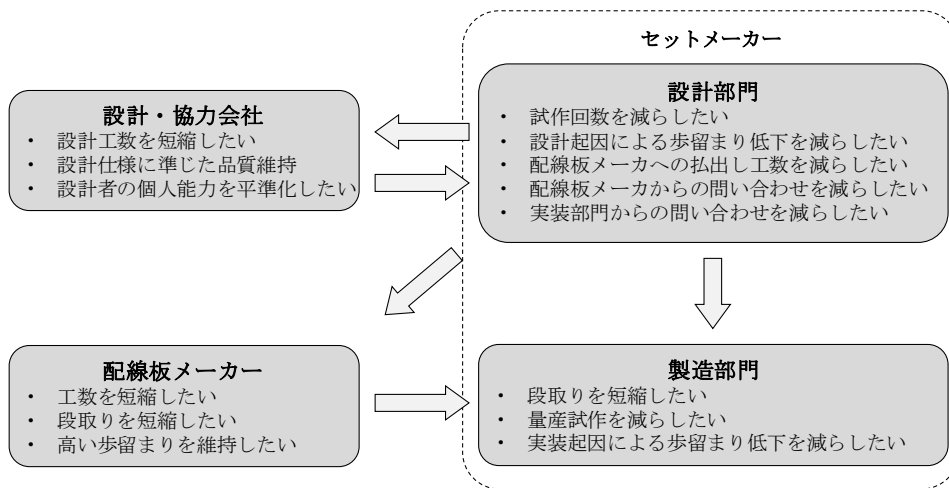
要素番号	プロセス要素 (SCORモデル)	プロセス要素 (セットメーカー)
S3.1	サプライソースの識別	設計・協力会社へ見積打診
S3.2	サプライヤーの最終選定と交渉	設計・協力会社の最終選定と交渉
S3.3	プロダクト納入のスケジューリング	製品設計情報の納期計画
S3.4	プロダクトの受領	製品設計情報の受領
S3.5	プロダクトの承認	製品設計情報の検収
S3.6	プロダクトの移送	製品設計情報の払出し
M3.1	製品製造設計の最終確定	製品設計情報の最終確認
M3.2	製造スケジューリング	製造工程の計画
M3.3	資材/仕掛品の投入	部品の投入
M3.4	製造とテスト	製造 (部品実装、組立)
M3.5	梱包	梱包
M3.6	完成品の仮置き	入庫
M3.7	完成品のDeliverプロセスへの移管	製品製造の終了
D3.1	提案依頼/見積依頼の入手と回答	本格的製品開発キックオフ
D3.3	オーダー入力、リソースの確保、プログラム開始	設計・製造のリソース確保
D3.4	据付け日程の設定	製品納期の設定
D3.5	積載と出荷の計画策定	製品出荷計画の策定
D3.6	ルート決定と輸送業者選択	製品出荷計画の策定
D3.7	出荷プロダクトのピッキング	製品出庫
D3.8	車載、出荷書類作成、与信検証、プロダクト出荷	製品出荷作業
D3.9	顧客先でのプロダクトの受領と確認	製品納品

配線板メーカーにおける業務プロセス

要素番号	プロセス要素 (SCORモデル)	プロセス要素 (配線板メーカー)
M3.1	製品製造設計の最終確定	配線板・製品設計情報の最終確認
M3.2	製造スケジューリング	配線板・製造工程の計画
M3.3	資材/仕掛品の投入	配線板・資材の投入
M3.4	製造とテスト	配線板・製造

付録 6 SSM-IA 分析にあたり適用した手法とその過程

リッチピクチャ



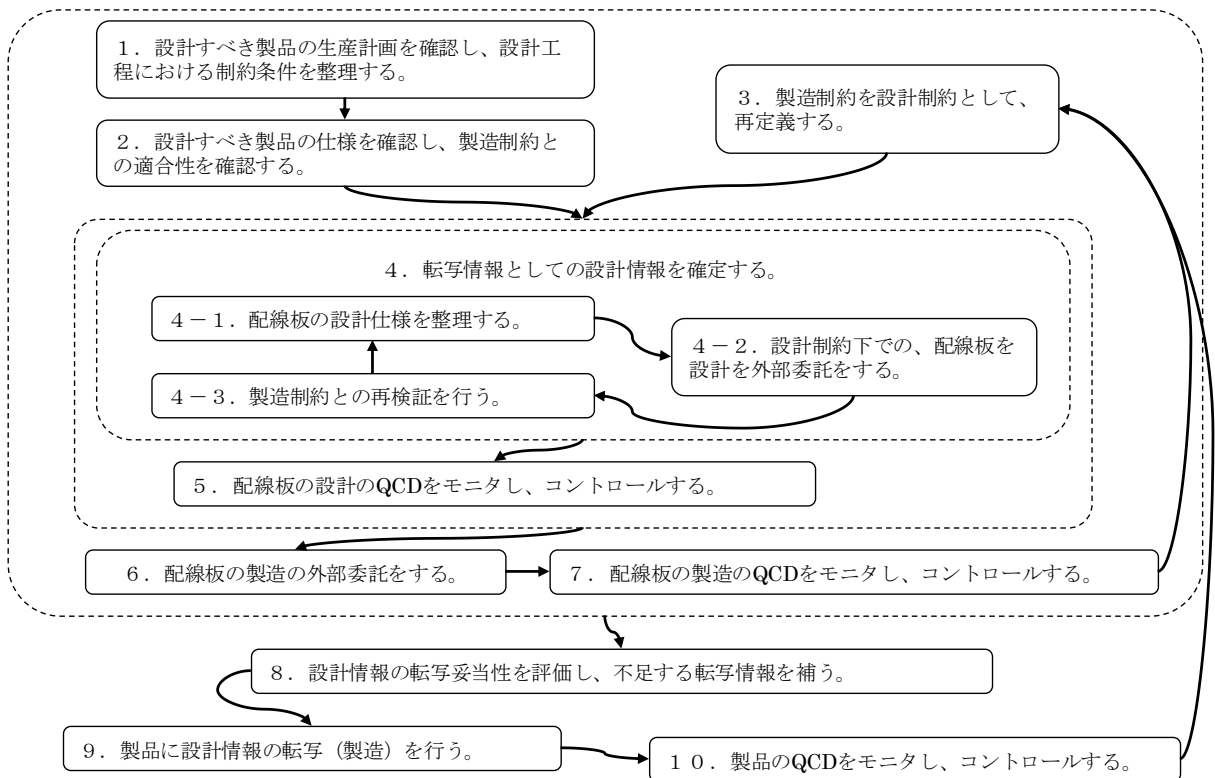
ビジネス的ニーズの抽出

- セットメーカーにおけるプロフィットセンターとして利益を上げるシステム
- 設計専門会社に委託する設計情報の QCD の管理及び向上の共創を推し進めるシステム
- 配線板メーカーに発注する配線板の QCD の管理及び向上の共創を推し進めるシステム
- 製造部門との共創により、部品知識の維持を中心として、生産される製品の QCD の管理及び向上を推し進めるシステム
- セットメーカーとして、統合知識の維持を中心として、イノベーションへの備えとしての開発技術力を保持するシステム

CATWOE 分析

Customer (顧客)	製造部門
Actor (実行者)	設計部門
Transformation process (変換過程)	論理的な情報 → 転写可能な設計情報 必要とされる部品間を結ぶ配線 → 配線パターンの確定 必要とされる部品 → 部品レイアウトの確定 各々の部門で保有する部品知識 → 知識の交流を通じて、統合知識に結合させる。
Weltanschauung (世界観)	製品主性能が、部品・OSへの依存が高く、AVCを含む付加機能、軽薄短小などダウンサイジングが求められている。 戦略的コスト・マネジメントが求められ、製品の転写情報に対する責任を担う部門である。
Owner (システム所有者)	セットメーカー
Environment constraints (環境制約)	量販店、部品メーカー、OS・ソフトウェアベンダー、環境規制、差別化困難性、ロコミ

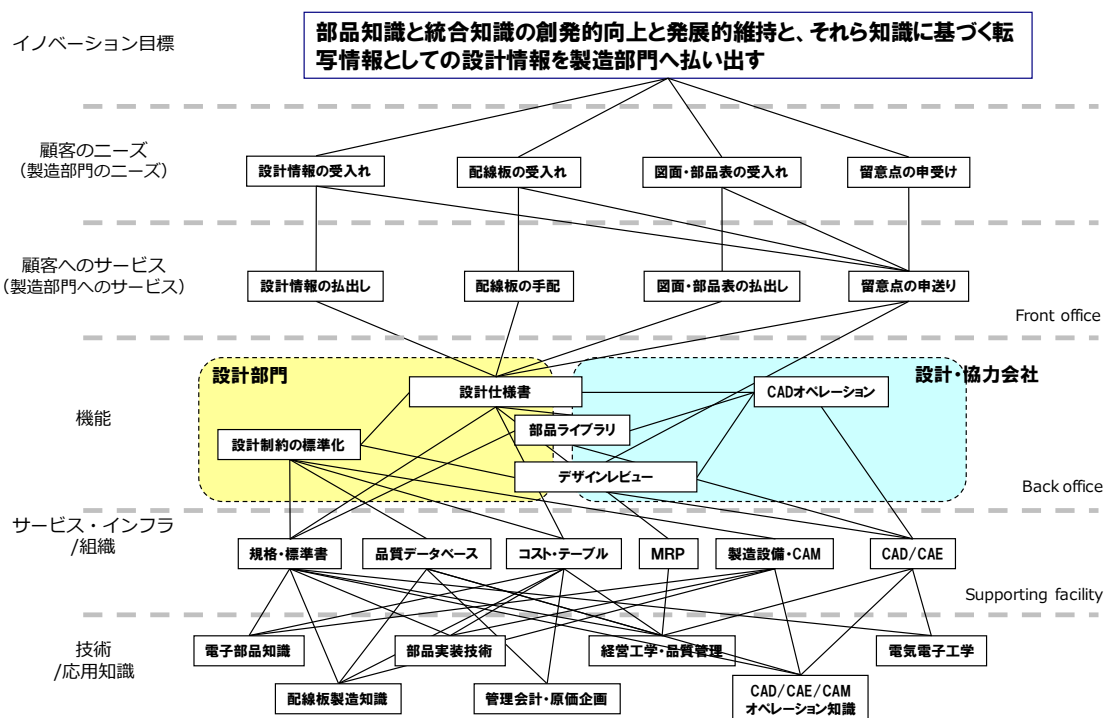
活動概念モデル



概念活動モデルと現実の企業活動との比較

1	設計すべき製品の生産計画を確認し、設計工程における制約条件を整理する。	1. 自社における製品の設計及び製造の位置づけを認識し、設計を含む生産計画を把握する。 2. 計画における設計工程の日数、設計における目標原価等の制約を整理する。
2	設計すべき製品の仕様を確認し、製造制約との適合性を確認する。	1. 製品の機能及び製造における仕様を把握する。 2. 製造における部品実装制約や目標原価等の製造制約との適合性を評価する。
3	製造制約を設計制約として、再定義する。	1. 製造制約の暗黙知を形式知化する試みを通じて、設計制約（設計ルール）として標準化を行う。 2. 製造部門、外部委託先の協力会社を經由して得た情報・知見から、設計制約（設計ルール）の修正を行う。
4	転写情報としての設計情報を確定する。	1. 設計情報を確定し、製造部門に払い出す。
4-1	配線板の設計仕様を整理する。	1. 評価した製造制約を設計制約として、協力会社に提供できるように、設計仕様書として作成する。 2. 外部委託する設計業務、及び配線板の製造の見積りを行う。
4-2	設計制約下での、配線板を設計を外部委託をする。	1. 設計仕様書を添え、配線板の設計を発注する。 (1-1. CADにて、配置すべき部品をライブラリーに登録する。) (1-2. CADにて、配線板の外形や穴などを設計する。) (1-3. CADにて、製品図面を参考に、部品の配置を行う。) (1-4. CADにて、回路図に従って、部品端子の配線結線を行う。) (1-5. CADにて、部品配置・配線に加え、シルク文字などデザインとしての修正を行う。) (1-6. 予期される製造上の諸問題を検証し、可能な限り対策を講ずる。) (1-7. CADによる設計上のルールチェックにて、設計情報の品質を確認する。) (1-8. 配線板の製造用のデータを出力する。) 括弧は、外部委託先での企業活動
4-3	製造制約との再検証を行う。	1. 配置された部品及び結線された部品端子の配線の妥当性を、デザイン・レビューにて評価する。 2. 配線板の設計において、対策が出来なかった点について、製造制約の再検証により、解決策を見出す。
5	配線板の設計のQCDをモニタし、コントロールする。	1. 協力会社の進捗を確認し、必要に応じて納期調整をする。 2. 設計情報の受け入れ検査として品質を確認する。 3. 設計業務の実績値を加味して、再見積りを行う。
6	配線板の製造の外部委託をする。	1. 配線板の製造用の図面及び製造仕様書を作成する。 2. 製造仕様書を添え、配線板の製造を発注する。
7	配線板の製造のQCDをモニタし、コントロールする。	1. 配線板の納品を受け、検収をあげる。 2. 配線板の品質に起因する製造不良が判明した場合、協力会社と共に対策を協議する。
8	設計情報の転写妥当性を評価し、不足する転写情報を補う。	1. 設計部門から払いだされた設計情報、及びBOM等部品情報を専用CAM等を活用して、マージ（統合・紐付け）する。 2. 製品製造に必要なメタルマスク等治工具類を確認する。 3. 不足している場合には、メタルマスク等治工具製造用データを作成する。 4. 製品製造に必要な部品実装機用NCデータを、実装機の種類に応じて作成する。
9	製品に設計情報の転写（製造）を行う。	1. 製品製造に必要な部品の段取りを行う。 2. 製造装置にNCデータをロードし、部品を実装する。
10	製品のQCDをモニタし、コントロールする。	1. 実装機ラインが正常に稼働していることをモニタリングする。 2. 実装機による実装不良の原因究明を行う。 3. 不良の対策を、製造部門と協議の上、解決策を見出す。

付録 7 SSM-IA による電子回路製造業における製品開発の現状



付録 8 バロール・コンピューター・システム株式会社 企業概要

電子製造産業向けの CAD/CAE/CAM のソフトウェアベンダーであり、フランクフルト証券取引所の Prime Standard (WKN 928731) に上場。デザインビジネスユニットは、主に設計部門への DFM ソフトウェアを取り扱っている。上場はドイツ。なお、2009 年 10 月 13 日付けにて、メンター・グラフィックス・コーポレーション (NASDAQ: MENT) により、株式交換による合併契約の締結が発表された。2010 年第一四半期にて完全子会社化の見込み。

出所：バロール社ホームページ及びメンター社ホームページを基に筆者編集