

e-SCMにおけるインバースマニュファクチャリングの モデル化に関する課題

Problem concerning modeling Inverse Manufacturing in e-SCM

明星大学 小島 工

T. Kojima Meisei university

Recently, Inverse Manufacturing (henceforth "IM") as the recycling-oriented type production system attracts attention. IM considers an opposite vein system system with the artery system production system that faces ownstream from past upstream industry. In such a large-scale production system, the business model development as e-SCM becomes a problem. In this paper, it arranges, and I propose a basic problem for this business model development. The point under discussion is as follows

- ・ Autonomous decentralized type stall production system.
- ・ Customer Relationship Management (henceforth "CRM") design proposal
- ・ Inter-Technology Analysis of unused Resource Development (henceforth "ITA")
- ・ Hybrid type e-SCM data base conclusion: Factory business model who fusing on street

1. はじめに一環境マネジメントの国際的 認識の容認

Inverse Manufacturing Mode (以下「IMM」)が、社会に受け入れられてきた過程とモデルの特徴を整理[01]すると次のようになる。

1.1.環境マネジメントへの取り組み

環境マネジメントへの理解と取り組みは、1970年代の北米に始まるDesign for "X"とされている。ここでXとは環境を考慮した製品設計を意味し、Assembly, Varietyなどがあり、広義にはDisassembly, Recyclingなども含まれ多様化している。

1.2.環境マネジメントの認識と公的規格

Design for "X"は、単なる運動であったが1985年になると一挙に国際的な規格

に展開されることになった。その主なものは次のとおりである。

①Cleaner ProductionとISO

1980年代になるとCleaner Productionへの重要性への認識が高まり、UNEP(国連環境計画)でLife Cycle Assessment(以下「LCA」)およびDfE(エコデザイン)として96年国際標準主要規格(ISO 14000s)が発表され、わが国では日本工業規格(JIS Q14040)として制定された。

②ISO14000sとエコアクション21

特にISO14000sの取得は、国際入札等の必須条件となってきた。また、中小企業が圧倒的に多数を占めるわが国では、環境省がISOの代替指標として環境活動評価プログラムである「エコアクション21」を定め、その普及に力を入れている。

③ゼロ・エミッション計画

さらに、この動きと連動して国連大学のゼロ・エミッション(Zero-emission)計画などが発表されIMM概念の拡大化が図られた。

④グリーン調達と循環型社会の形成

わが国ではこのころ、民間の「グリーン調達ネットワーク」さらに「インバースマニュファクチャリング・フォーラム」が組織化された。その後、グリーン調達はグリーン促進法に発展した。そしてこの法律は、後の循環型社会形成推進基本法(2002年)を通して環境関係法体系を整えることになった。

1.3.LCAおよび環境適合設計の強化

97年になると環境マネジメントへの取り組みがさらに強化され、国際標準規格(ISO14040)としてLCAさらに環境適合設計(DfE)標準化がTR14062として制定された。TRは、『環境マネジメントー環境側面を製品開発に組み込むための指針という規格名称で技術報告(TR)としての位置づけになっています。[01]』ということで、本格的なIMM時代を迎えることになった。

2. 仮説としてのIMM課題

2.1.循環型のバリューチェーン形成問題

以上の環境マネジメントへの取り組み運動からIMMの概要を示すと、図-01[02]が参考になり次のようになる。

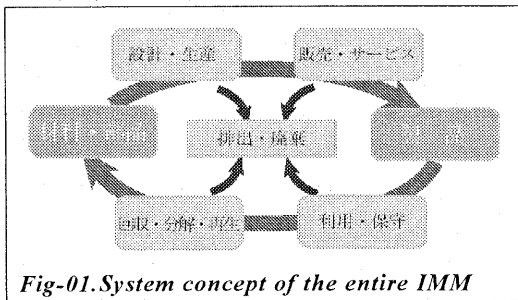


Fig-01. System concept of the entire IMM

図からも理解されるとおり、IMMのもっとも大きな特徴は『製品を製造販売する動脈系だけではなく、リサイクルやリユースといった静脈系も含めた生産活動、つまり持続可能社会を実現するための循環型生産というコンセプト[01]』ということになる。したがってIMMは、製造系だけで達成できるのでなく流通サービスおよび消費者まで含めた全てのValue Chain(以下「VC」)バリューチェーン市場全体ということになる。循環型生産システムでは、静脈系において消費者もベンダー機能をは

たすので、このような特徴からIMMは「逆工場」とも呼ばれている。ここでIMM設計で考慮しなければならない条件として3Rがある。ここで3Rとは、Reduce, Reuse, Recycleを意味する。

3Rを実現するためには、静脈系には工数を多用するため「費用効効果」に問題があり、その解決がポイントとなる。

この問題が解決できれば、循環型VC形成が実現できる。そのためのビジネスモデルとして、ここでは屋台型生産システムと(Booth Production System)も言うべき、小規模で高齢者も容易に生産参加できる企業の社会参加型ビジネスモデルを提案する。

2.2.カスタマイズ指向の設計提案

つぎにIMMが提供する製品は、グリーン調達に適合しユーザのニーズにフィットした高付加価値のものでなくてはならない。この機能によって、ユーザは製品の浪費を防止できるとともに製品を丁寧に扱うことから部品レベルも含め3Rが実現されやすくなる。そのためには製品がカスタマイズ(customized)されていることが望ましい。

しかし、個別生産ではコストと納期に問題があるので、設計データベースを提案したCustomer Relationship Management(以下「CRM」)が必要になる。結果としてB to C型(Business to Consumer) e-Businessによる変種変量生産(Variety and Variation of Quantity production)が提案される。

変種変量生産は、カスタマイズがターゲットになるので、VC全体としてのIMM関連企業と消費者とのコミュニケーションパス設定が大きな課題となる。この点は、後の「2.4.技術知的資産指向ハイブリッド型e-SCM」と密接に関連してくる。

2.3.「ゼロエミッション技術」としての技術連関分析

IMMの大きな特徴の一つとして「廃棄物」を「未利用資源」として定義し、異業種での活用も含まれる。このような生態系循環生産システムは、『産業ネットワーク自体は自然生態系のような円滑な物質循環をめざして、思いつきでなく合理的な根拠に基づいて設計されなくてはならないであろう。[01]』とB to B(Business to Business)型企業間ネットワークの問題として考えら

れる。

その実現モデルがゼロ・エミッション (Zero-emission) 技術で、その実現化技術として技術連関分析 (Inter-Technology Analysis以下「ITA」) [03][04]という相対的双方向技術移転モデルを提案する。

2.4. 技術知的資産指向ハイブリッド型 e-SCM

循環型 VC では、DfR (Design for Recycling) として定義されるライフサイクル製品設計は当然として、製品そのものの EOL (End of Life) を想定したライフサイクル設計が前提となる。そしてその手段が 3R だった。そのためには EOL を前提にした情報開示データベースが必要になる。

特に CRM と循環型生産システムでは、製品単位に客観的でキメ細かい情報開示がその成否を決定することになる。そのためには循環型 LCA と製品情報の提供だけでなく、ユーザをも含む VC 全体が対話参加できるデータベースが重要な機能をはたすことになる。

このような異種異業種を巻き込んだ情報交換機能はハイブリッド型 Supply Chain Management (以下「e-SCM」) があって実現される。

3. IMM 生産システムの設計概要

ここでは IMM の設計概念モデルを提案するが、その基本方針は「Sustainable Development (持続可能な開発)」を理念として、次の目標を達成するものとする。

- ・豊かさから後戻りできない。
→ 単位サービスあたりの原単位を下げる。
- ・豊かさの内容を考え直す。
→ エネルギー・環境面の無駄を無くする。

3.1. 屋台型生産システムの逆工場

① エネルギー多消費型生産システム

工場レイアウトは、見込量産型のフローラインと受注多品種少量生産型のジョブ・ショップ型に大きく類型化される。そしてその規模が大きくなるにしたがい、工程間の重量部品マテリアル・ハンドリングが問題となる。その解決のため前者はコンベアー・システム、後者は多数台フォークリフトの導入となる。いずれも資本集約によるエネルギー多消費設備だ。

② 屋台型生産方式の概要

屋台型生産方式とは、図-02 [05] のように、少人数のグループでプリンター等の

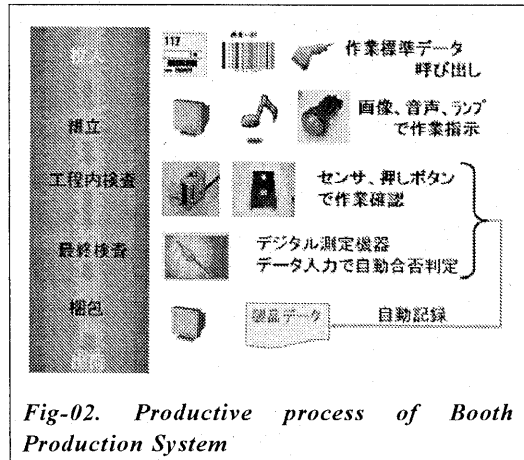


Fig-02. Productive process of Booth Production System

機能製品を組み立てようとする生産方式だ。そこには大規模なハンドリング設備はない。あるのは LAN 端末だけで、作業者は作業指示が来ると、その製品の組立マニュアルを呼び出し、その手順道理の作業を行う。もし、手順を間違えたと警告が鳴る。屋台方式のノウハウは、3D 設計データに組立手順を組み込んだデータベースだ。その逆をたどれば分解手順となる。

屋台方式は、情報機能を除き基本的に労働集約人間主導型生産なので、CRM 指向の変種変量生産に適している。またその設置には、機械設備投資が軽減される。しかし自動化と大量生産効果はあげにくい。

③ 高齢者の循環型生産システムへの参加

ある時、NHK の女性アナウンサーが、一人で屋台方式によるプリンターの組立に成功したドキュメントが放映された。参加作業者は高齢者でも職業訓練で対応できる。ここに屋台生産型システムが「街に出る工場」となれる可能性がある。街の公民館や小学校の空き教室のに生産ブースを設置し、IT インフラとしてのインターネット端末を装備するだけで生産システムが完成する。それは、カスタマライズド (customized) された受注変種変量生産に向いている。

④ 生脈系 3R 実現の期待

だが屋台型生産システムがもっとも威力を発揮するのは、生脈系で発生する 3R 対応だ。中古の機能製品を分解し、部品の再使用工程に適している。中古機能製品は、

街の屋台生産設備に持ち込まれ、そこで高齢者などにより機能部品として再生産され、需要発生工場に納入される。それらの技術および受発注取引情報は、インターネットによって処理される。したがってITインフラ整備ができれば、

このような街に出た逆工場がシステム要素となり、循環型のVC形成が実現する。

3.2.CRM設計提案による変種変量生産

①ユーザー・カスタマイズド生産モデル

カスタマイズドされた製品提供により、消費者と生産者の結合モデル (Sharing Model) [06] が発生し、適切なEOLがたもたれる。今われわれがパソコンを購入する時、メーカが提案している部品を選択することで、カスタマイズドされた製品をB to C型 e-Business によって発注できる。その e-Business モデルを図-03 [08] にしめす。図-03は、カスタマイズド型パソコンで知られるデルコンピュータ社のVC概念モデルである。クライアントである消費者とはB to C型のネットワーク・コミュニケーションパスで結び、サプライヤーとはB to Bとして、全体でA to A(Any to Any)のネットワークを完成させている。結果として、それをコミュニケーションパスとして定義すると、C to C (Communications to Communications)の機能を発揮している。このようなコミュニケーションパスの変化は、図にもあるように削除型モデルとしての流通業と追加型モデルである運送業のようにVC全体の構造変化をおよぼす。

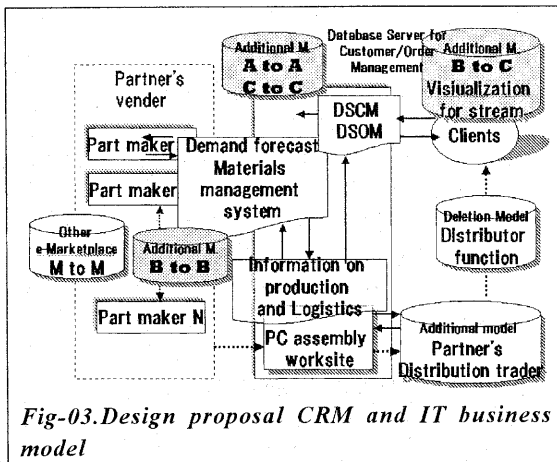


Fig-03. Design proposal CRM and IT business model

②変種変量生産と屋台型生産システム

このような設計データベースによるユーザー設計製品は、ユーザーのカスタマイズド仕様により数万種類の組み合わせが発生するので変種 (variety) 生産となる。そのコミュニケーションパスの増加計算式を次に示す。nはコミュニケーションパスの構成

$$P = (n-1)^2 / 2$$

$$P' = (n-1)(c-1) / 2$$

単位である。ここではnをVC参加企業数、cを消費者数をして考えている。さらに小売・卸という流通機構を通さないで購買ロットがまとまらず、変量 (variable) 生産となる。ただしユーザーの設計情報は、確実にデータベースに蓄積される。ここで生産ロット化出来るオーダは工場生産が可能であるが、個別受注的なオーダは街の屋台生産工場が適しているだろう。

③Standard defacto 化による3Rの可能性

もちろんこの生産システムの背景には、パソコンなどの場合は、部品レベルで実質的業界標準化 (Standard defacto) が進んでいるのでネットワーク型 e-SCM が実施しやすいという特徴がある。

このような生産技術環境は、循環型生産の3R実施に適している。

3.3.未利用資源活用のための技術連関分析

技術連関分析 (ITA) とは、図-04 に

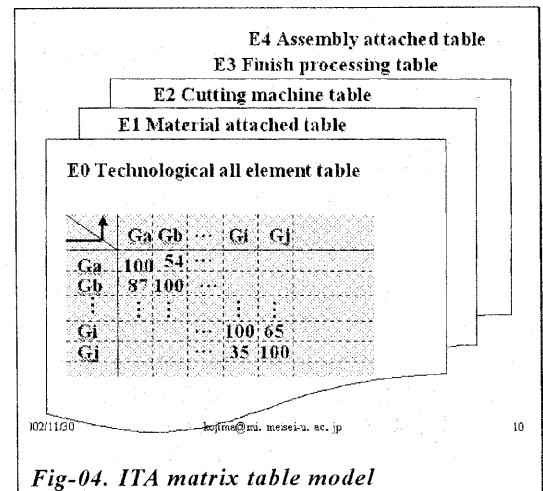


Fig-04. ITA matrix table model

示すように $G_i \rightarrow G_j$ へには、製品の生産に必要な生産技術が65%、その逆の35%を技術移転確率として示した表だ。この表を関連樹木構造の材料区分だけのものを作成すれば、ゼロ・エミッション化のための未利用資源活用の業種別採用確率が求まる。

このようなソフト技術開発も循環型生産実現には欠かせない。

ITAは、具体的に図-05 に示す関連樹木構造単位技術要素のランク ($E_i W_j$) の十分条件の和として計算される。したがって図-04 材料表 (E1.Material attach table) について関連度の高い業種の関連樹木構造を調べることによって利用可能材料の存在が明らかになる。

3.4.情報開示のためのハイブリッド型 e-SCM

IMM モデル提案の最後の項目として、LCAをインターフェイスとした関係者結合

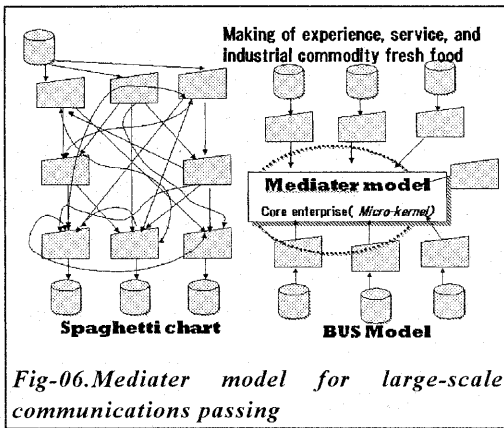


Fig-06. Mediator model for large-scale communications passing

モデルとしての情報開示と交換を目的とした e-SCM データベースがある。ここでの e-SCM は、先の P 式に示したようにコミュニケーションパスが非常に大きくなるので、スパゲティチャートにならないようにコア企業は、図-06 に示すような BUS 型の Mediator モデルを構築しておく必要

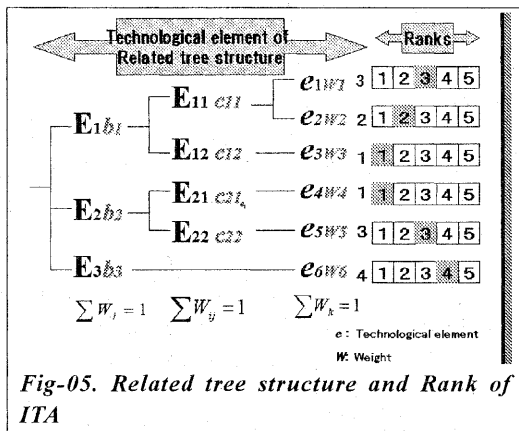


Fig-05. Related tree structure and Rank of ITA

がある。

循環型生産システムは、素材から最終消費者までを含めた異業種連携による e-SCM の形成にある。そこには 3D 設計と組立・分解マニュアルといった生産技術データベースもあるが、ネットワーク上でダイナミック変化する生産環境でコミュニケーション

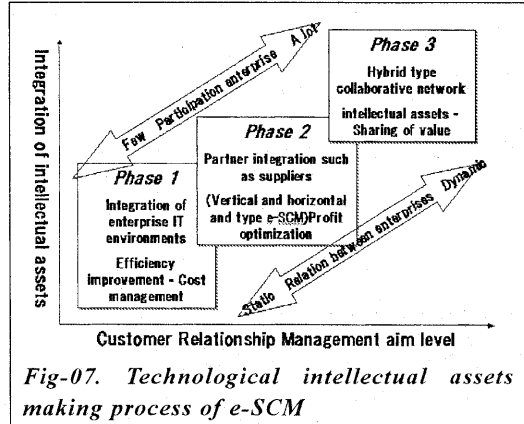


Fig-07. Technological intellectual assets making process of e-SCM

ョンをとるためのインターフェイス機能が必須条件となる。LCAは、そのための自己紹介用のツールとしての期待が大きい。

e-SCM は、図-07[10]に示すようにコストから利益最適化を得てフェーズ3のように結合モデル (Sharing Model) としての技術的資産化へ進展するもと考えられる。

循環型生産システムの e-SCM データベースは、このレベルの機能が求められる。特に消費者、屋台生産街工場、流通サービスさらに異業種の参加が前提となるとハイブリッド型でプロジェクトを指向した e-SCM とならざるをえない。その内容は流通サービス、消費者をも含む受発注情報に加えて、循環型生産システムに必要な全て

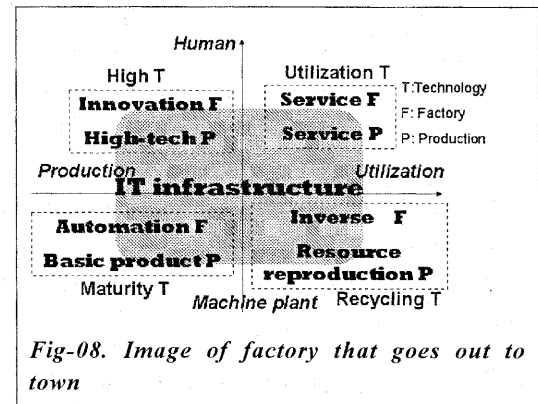


Fig-08. Image of factory that goes out to town

の技術的資産となる。

4. 結論としての「街に出る工場」

街に出る工場として図-08 [10] が考えられる。サービス工場とは、エレベータメンテナンス、乗用自動車分解整備等のカスタマイズ製品EOLを担当する工場、製品履歴データ追及の最前線工場だ。革新工場とは、生産技術開発指向のベンチャービジネスも含め研究開発型工場だ。自動化工場は、8時間時差の地球上に拠点を持つ工場、設計から納品まで24時間操業を可能にする工場の出現となる。

今回、考察の主な対象としたのは、第4

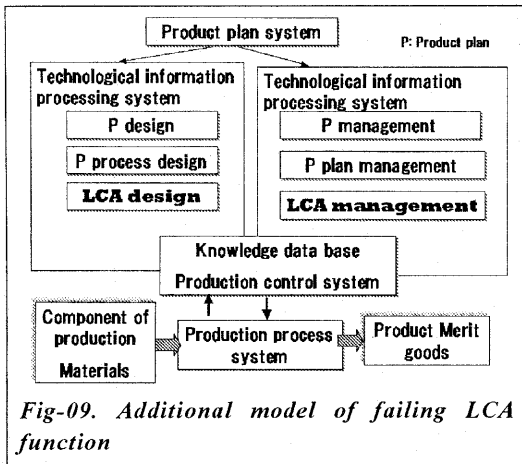


Fig-09. Additional model of failing LCA function

象限の逆工場で屋台生産システムを基本提案した。通常の生産システムでは人工物の流れとしての「技術情報処理システム」、情報の流れを管理する「管理情報処理システム」そして影に隠されているお金の「原価情報処理管理システム」があって「生産プロセスシステム」が成り立っている。今回の循環型生産システムの考察にあたって、当初図-09 にしめす「LCA管理」をサブシステムとして追加することでIMM提案を考えた。

しかし静脈系の処理を考えると、固定費の高い通常の工場システムではモデル構築が「費用対効果」の問題解決ができず、屋台生産の街工場モデル提案となった。だが、このモデルを実現するためには、図-10 に示す街工場支援システムが必要になってきた。今回提案した4項目は、このようなハイブリッド型e-SCMでCore competenceを持ったリーダ企業の育成が循環型生産システム構築の鍵になると考えられる。

つまりタイトルの「高サービス」とは、

「早い、安い、うまいによる大量生産による薄利多売」から「個と時間のびったり、価格と量の適正、サービス工学設計による高付加価値適性利益」への産業の体質転換を意味している。

今後のBusiness Modelとして自社の利益追求は、循環型生産システムの自律分散型化とともにITインフラを活用した社会生産参加型へと経営理念を変革していくことから始まるだろう。以上

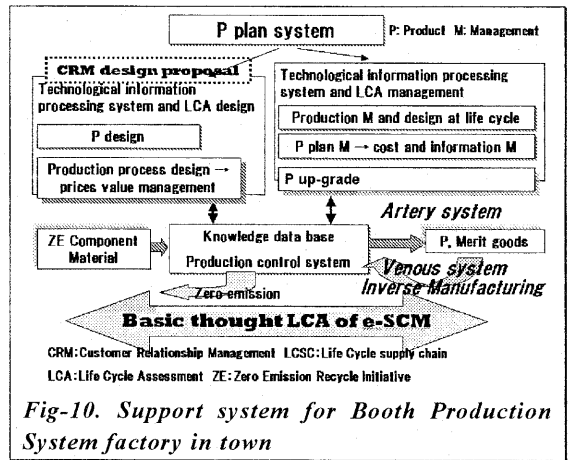


Fig-10. Support system for Booth Production System factory in town

(参考文献)

- [01] 高橋 淳「環境マネジメント」平成14年度大学院冬学期金曜2限講義資料
- [02] 財団法人製造科学技術センター
<http://www.tepia.or.jp/14th/part2/pane1/inv.pdf>
- [03] 小島 工「空間市場における結合モデルとしての技術連関分析」情報処理学会研究報告, No.85,p.41-48, 平成13年9月.
- [04] T.Kojima "Restructuring of production technology relation for small and medium-sized enterprise in e-Marketplace" The 16th International Conference on Production Research, Prague on 29 July to 3 August 2001
- [05] ローランド ディー・ジー株式会社
<http://www.rolanddg.co.jp/profile/p06df.html>
- [06] 小島 工, 「Effectiveness of Inter Technology Analysis in Virtual market」明星大学研究紀要・情報学部第10号, p.55-67, 平成14年1月.
- [07] 小島 工, 玄場公規, 松島克守「技術連関分析活用によるスポーク型e-SCM

の結合モデル」ビジネスモデ学会，平成 14
年 5 月上海大会予稿集.

[08] デルコンピュータ社

<http://www.dell.com/jp/jp/dhs/default.htm>

[09]小島 工「技術資源の技術関連分析と
モデル形成プロセス — 宅配便開発におけ
る技術関連分析のケーススタディ」情報処
理学会，情報処理学会研究報告，Vol2002，
No.85，2002-EIP-17，P.23-30，平成 14 年
9 月

[10]小島 工「技術移転スポーク型モデル
の運用としての e-SCM」経営工学会 平成
14 年度秋季研究大会予稿集，平成 14 年 9
月

[11] 木村文彦「エンジニアリング環境の
変革とプロダクトライフサイクル」

<http://www.sekkeiseizo.com/reports/index.html#rensai>