# 技術データ構造と管理ツールの改革:SPBOM\*



技術部 (兼) 製造・流通システム事業部 SPBOMソリューションチーム

児玉 公信

Kiminobu Kodama

生産途中であっても、市場動向に合わせて生産方式を変えていくマス・カスタマイゼーションを実現するために、生産活動に関わる情報(加工機能)を技術データとして系統的に管理する必要がある。

加工機能として管理される技術データには、投入品目群、使用される資源、加工データ、加工に関わる時間とコスト、生産される品目群などがある。

生産される品目群の仕様(用途・使用条件)は、この加工機能の連鎖によって順を追って実現されていくことになる。 技術データがこのように管理されることで、仕様を完全に決めていない品目でも生産を開始することの可能な生産管理 が実現できる。本論では、この新しい生産管理の手法を述べるとともに、その一例としてローリング計画を紹介する。

# 1. はじめに

日本の製造業を取り巻く環境は大きく変化している。空洞化や熟練工の高齢化は言うに及ばず、市場が大きく変化している。製品は、単に低価格であるだけでなく、売れるときに売れるものを売れる量だけ市場に供給しなければならない。タイミングがよければ売れるが、作りすぎると売れないし、時機を逸すればこれも売れない。タイミングを見計らって次の商品を投入していかなければならないが、その予想はなかなか当たらない。このことは、市場との相互作用をよりリアルタイムにしていかなければならないことを示している。これが製品寿命の短命化、受注リードタイムの短縮化、設計変更の頻発という形で現れている。

これに対する一つの解答として、手島は日本型の「マス・カスタマイゼーション」の情報システムによる支援を提案した<sup>1)</sup>。これは、先行生産をしながらも、作るものを市場動向に合わせて**しなやかに**変化させていくというものである。これを実現するに当たっては、情報システムの支援が必須であるが、現状の情報システムではこれに応えられない。むしろ、それを阻害する方向にあることすらある。

本稿では、日本型のマス・カスタマイゼーションを支援 するための製造技術データの新しい持ち方について述べ、 ついでこれを利用した情報システムの例を示す。

# 2. 技術データ管理

# 2.1. 従来の技術データ管理方法

ここで言う技術データとは、設計、開発、生産現場の技 術であり、品目の構成、製造プロセスだけでなく、素材の 選び方、流し方、加工の仕方、作業手順、設備に関する知 識などを含む。

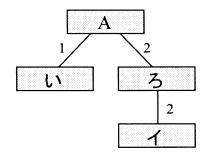


図1 部品構造の一例

## 2.1.1. 部品表

最も一般的な技術データの持ち方は部品表 (BOM; Bill of Materials) といわれるものである。これは、品目に関する情報と、その品目がどのような構成関係にあるかを表す構成情報とからなる。図1はその概念的な構造を示す。

部品表は、主に資材の所要量計算(MRP; Material Resource Planning)に用いられるが、生産スケジュールを立てるためにも使われることがある。この場合は、タイムバケットという全工程に一律の固定リードタイムを仮定したり、タイミングを調整するための架空の部品(ファントム部品)を設定したりして、可能なスケジュールを立てる。

## 2.1.2. 製造手順表

製造手順表は、品目ごとにその製造工程とそこで使われる主要な製造設備および所要時間を記録する。これと所要量計算の結果を使って、使用する製造設備の競合が起きないようにスケジュールを立てることができる。同じ品目を作るにしても、工場によってその手順が異なっていたり、代替工程があったりするので、製造手順表の作成は、部品表のそれよりも難しい。また、その目的から、ある程度の精度をもっていなければならず、データの取得に手間がかかるため、これが整備されている企業は多くない。

## 2.1.3. PDM

PDM(製品データ管理システム; Product Data Management System)は、製品の設計・開発業務の支援システムである。品目定義や品目構成にCAD図面を対応づけて管理するだけでなく、設計業務のワークフローを自動化する機能を持つことで、作業の進捗管理も行う。品目構成については、多様なオプション品目を記述したり、それらの競合関係を管理する機能もある。この品目構成は製造方法を規定しない完全なE-BOMである。最近では、PDMはコンピュータ上で、構想、設計、試作、試験なども連続的に行ってしまおうというデジタルファクトリー概念の中核ともなっている。



図2 部品のワークフロー例

PDMが持つべきデータ構造については、OMGの Manufacturing Domain TaskforceによってPDM-Enablers (version 2)<sup>2)</sup> という標準が規定されつつあるが、ここで も製造途中での仕様変更については取り上げられていない。

# 2.2. 従来の技術データ管理方法の問題

従来の技術データ管理方法は、それらが導入された時代背景を反映しており、それぞれに有効であったことは間違いない。しかし、最初に述べたように、現在の製造業を取り巻く状況は、それと大きく異なっている。日本型のマス・カスタマイゼーションを支援するという観点から、従来の技術データ管理方法の問題点について検討する。・

## 2.2.1. 多様性の対応が不十分

部品表の概念は単純でわかりやすいが、それが考えられた1960年代の大量生産とは異なり、現在は少量多品種の生産が行われる。従来の方式では、サイズ、色、オプション部品が少し違うだけであっても、それに関わる構成定義をすべて持たなければならない。このために、部品表の中には重複定義が非常に多く、データの肥大化の原因となっている(ただし、PDMはこうしたオプションの多様性を扱う機能を一部用意している)。

一方で、少ない部品点数の製品でも加工によって多様性を生むことができる。たとえば、穴を開ける、穴の位置を変える、磨き方を変えるなどである。こうした加工中心の製品については部品表でも製造手順表でも十分な表現ができない。

## 2.2.2. 複数の部品表

複数の異なる用途を一つの部品表でまかなうことは難しいので、目的ごとに部品表が別個に作成される。1つの企業でも、同じ品目について、設計部品表(E-BOM)、生産部品表(M-BOM)、保守部品表(Service-BOM)、販売部品表(Sales-BOM)など複数の部品表を抱えていることもある。特にE-BOMとM-BOMの両方を持っているケースが多い。前者は3次元CADやPDMのデータベースとして保持され、後者はMRPのマスターとして保持される。こうして、E-BOMをM-BOMに変換する作業が発生する。

## 2.2.3. 煩雑な部品表の維持管理作業

構成データが肥大化していたり複数の部品表が存在することによって、頻繁な設計変更をうまく整合を取って反映することが困難である。変更作業に時間がかかったり、作業精度が低下したりして、製品のタイムリーな市場投入を阻害している。

#### 2.2.4. MRPによる納期の間延び

M-BOMは資材調達や生産指示のスケジューリングに使われるが、タイムバケット単位にまとめられるために生産時間が実際の生産状況よりもかなり長めに設定されてしまう。こうして、MRPは結果的に製造納期短縮の足を引っ張っている。生産現場は、現実にそぐわないMRPのスケジュールを当てにしていないという状況もある。・

## 2.2.5. 生産物を決定しないと処理できない

現実の販売・生産プロセスでは、仕様が未定でも注文を受け、長納期品を手配したり、先行着手したりして、徐々に仕様を決めていくことも行われる。現在のMRPは生産する製品を決定しないと処理ができない。したがって、長中期の生産計画と短期計画とは直接連動しない。途中で生産物を変える場合は、いったんキャンセルしてオーダを入れ直すことになるが、その場合、前のオーダの納期を保証できない。

# 3. 新しい技術データ管理

ここまでに、現在の技術データ管理では、日本型マス・カスタマイゼーションを支援できないことが明らかになった。以下では、それを支える新しい技術データ管理の方法について検討する。・

## 3.1. 新しい技術データ管理の枠組み

#### 3.1.1. 曖昧な品目の扱い

マス・カスタマイゼーションでは先行して生産を始めるが、その際、最終品目を決める必要はない。決めておくのは、それが生産活動を経ていずれなりうる品目のグループ

だけである。このようなグループを「品目群(Series Product)」と呼ぶ。品目群は、同じ主原料から作られうる品目、あるいは類似の生産工程を経て作られる品目の集合である。この集合の各要素は共通の属性種を持ち、異なる属性値を持つ。この属性を、われわれは「用途・使用条件(Condition of Usage)」と呼ぶ。これは顧客から見た品目の価値である。用途・使用条件値がすべて決定しているものが品目であり、1つ以上の用途・使用条件値が未定であるものが曖昧な品目である。品目群のサブグループをサブ製品群として命名することもできる。こうしてみると、実は、品目も品目群も本質的に違いがないことがわかる。

従来のように品目を指し示すために品目コードを用いると、曖昧な品目が表現できない。新しい技術データ管理では、品目群名に用途・使用条件の値を並べて記述して品目を指す。たとえば、品目群「ドア」には幅、高さ、厚さ、色、ノブの形状という用途・使用条件種があるとする。用途・使用条件値がそれぞれ、「445」、「800」、「12」、「黒」、「一文字」という具体的な品目を表現する場合は「ドア;445!800!12!黒!一文字」というふうに表現する。幅と色が未定の抽象的な品目は、「ドア;未定!800!12!未定!一文字」と表現する。ここで「未定」は予約語である。用途・使用条件種を後から追加することもできる。この場合、追加以前の品目は、新しい用途・使用条件種についてはすべてdefault値を持っているものと解釈される。

品目群全体は、用途・使用条件が取りうる値のすべての 可能な組み合わせであり、それに対応する品目構成をあら かじめすべて定義しておく必要はないし、それは不可能で ある。オーダに応じて、その都度品目構成を生成できれば よいのである。

品目群を、用途・使用条件種を軸とする多次元空間上の 点の集合であるととらえることもできる。たとえば、3つ

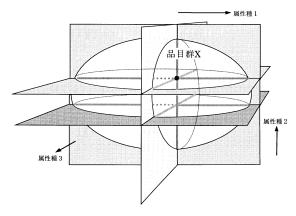


図3 3つの用途・使用条件種を持つ品目群の関連

の用途・使用条件種を持つ品目群は、図3のように、実現 可能な値の境界を持つ3次元空間上のかたまりとして表現 できる。個々の品目は、この空間の1点である。

#### 3.1.2. 加工処理の表現

品目に多様性をもたらしているのは生産プロセスにおける各加工処理の違いである。1つの加工処理は、そこに入力される品目群の用途・使用条件、入力される情報、使われる設備、加工の仕方、そして出力される品目群の用途・使用条件で特徴づけられる。われわれはこれを、入力一処理一出力で定義されることから、「加工機能(Operation)」と呼ぶ。1つの加工機能は、あらかじめ規定される一組の用途・使用条件値を実現する。また、処理時間、段取り時間、加工原価を持つ。類似の加工機能の集合を「群加工機能」と呼ぶ。群加工機能の連続が生産ラインである。

これを説明しているのが図4である。この架空の例は、 品目群「ドア」の生産ラインで、大板が切断され、塗装され、 組み立てられてドアができる。ここで品目群「ドア」は、先 ほどと同じく、幅、高さ、厚さ、色、ノブの形状という用 途・使用条件種を持つものとする。切断の群加工機能(工程) では、指定された厚さの大板が入力され、切断されて幅、 高さが決定される。それが次の塗装の工程に入力されて色 が決定される。さらにそれが次の組立の工程で、ノブや蝶番 が取り付けられてノブの形状が決定されてドアが完成する。

このうち、塗装の群加工機能を取り上げて詳しく説明する。この群加工機能は、用途・使用条件種「色」を決定する。ここには、「塗装(黒)」や「塗装(赤)」といった色を決定する加工機能がいくつか用意されている。製造オーダが用途・使用条件種「色」を用途・使用条件値「黒」にするというものであるとすると、それを実現するために加工機能「塗装(黒)」が探索され、選択される。

前の群加工機能の加工を終えた中間品を、先ほどの品目群の表現方法を使って表すと「ドア;445!800!12!未定!未定」となる。この段階では、まだ、色やノブの形状を変更することは可能である。加工機能「塗装(黒)」は、これを主要な入力とし、この他に品目群「下地塗料」と品目群「塗料の黒」を指定された量だけ加工機能に入力する。その際、「塗装機」という加工資源を使い、「二度塗り」するという加工データ(情報)を使う。この結果、用途・使用条件種「色」が「黒」という値を持つ。副産物はない。そして、ここに加工の原価が発生する。

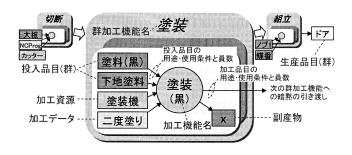


図4 加工機能の一例

この加工を終えた中間品は、「ドア;445!800!12!黒!未定」となっている。これが次の群加工機能に渡されていく。こうして、加工機能を経るごとに、用途・使用条件値が次第に決定されていく。

投入される品目がない加工機能もあり得る。たとえば、「輸送」、「検査」、「納入・据え付け」といった加工機能もあって良い。こうした活動も含めて製造原価を積み上げることもできる。

## 3.1.3. 加工データ

加工機能には、その加工の仕方に対して指示を与える加工データがある。出力される品目群の用途・使用条件値を多様にするのは、入力される品目群によってだけではなく、加工の仕方にもよる。たとえば、穴を開ける位置や大きさなどの指示は、この加工データで与える。これは、品目に印字するマークであるとか、NC工作機に与える情報であるとか、消費されない入力である。こうした加工データをうまく使うことによって、品目構成は不合理に肥大化するのを防ぐことができる。

# 3.1.4. 加工機能の連鎖

このように、あらかじめ定義しておいた品目群と加工機能に対して、オーダで品目群の用途・使用条件を提示すれば、それを実現できる加工機能の連鎖が取り出せる。ただし、同じ用途・使用条件を実現する複数の加工機能があり得るので、この連鎖は複数になりうる。

逆に、提示された用途・使用条件が既存の技術データでは実現できない場合もあり得る。実現するのであれば、必要な技術データを開発して登録すればよい。多くの場合は、単に加工機能を追加するなどで対処できると思われる。

加工機能の連鎖から、投入する品目と員数だけを取り出すと従来の部品表の品目構成となる。一方、加工機能と使用される加工資源だけを取り出すと従来の製造手順表になる。そもそも、この2つは別個に取り扱われるべきではなかったのである。部品表と製造手順表を統合すべきであるとゴールドラット<sup>3)</sup>も述べている。Advanced Planning and schedulingと呼ばれるスケジューラの入力データを作成するにあたっても、この加工機能の連鎖から十分な情報が得られることも確認できている。

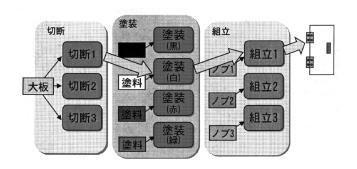


図5 加工機能の連鎖例

また、加工機能の連鎖から加工データ取り上げて、現場作業に与える加工指示書を作成することもできる。加工データを適切に加えていくことで、加工のノウハウが蓄積されていく。

このように、製造に関わるさまざまな情報が、加工機能 に統合されているのである。

## 3.2. データ構造

このような技術データ管理を可能とする概念データモデルの概略を図6に示す。この図はUMLで書かれている。このモデルでは、品目群が加工機能を通して、大きく再帰構造をしている。加工機能に投入される品目群、加工手段、加工データなどは、大きく同一の型として扱われている。

# 3.3. 新しい技術データ管理の実装

## 3. 3. 1. SPBOM

このような新しい技術データ管理の構想を実装したのが SPBOM (Bill of Manufacturing for Series Product) という製品である。部品表としての「Bill of Material」では

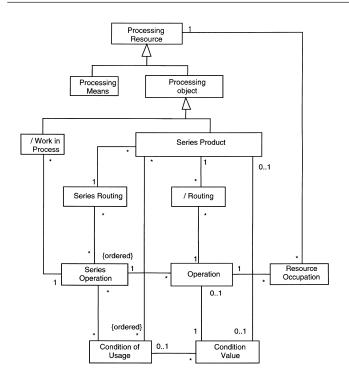


図 6 技術データ管理における典型的なデータモデル

なく「Bill of Manufacturing」となっている点に注意されたい。ただし、SPBOMは部品表ではなく、製造技術データ、あるいは製造に関わる知識の管理システムともいうべきものであることはおわかりいただけるであろう。

SPBOMでは品目コードを使わないことから、オブジェクト指向技術を用いている。それも、オブジェクト指向言語(JAVA)を使っているというだけではなく、分析、設計も含めてオブジェクト指向技術を用いている。むしろ、オブジェクト指向モデリングがあってはじめて実現されたものである。分析においては、特に「アナリシスパターン」<sup>4)</sup>を

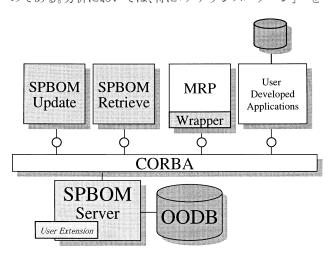


図7 SPBOMのシステム構成

参考にしている。新しい技術データ管理のためのデータ構造は、リレーショナルデータベースで表現するには複雑であるため、オブジェクト指向データベース上に構築される。また、これを利用して多くのアプリケーションを開発できるように、CORBA上の分散オブジェクト環境でインタフェースを公開している(図7参照)。

## 3.3.2. 変更管理

SPBOMは、これ以外にも技術データ管理システムとして必要な機能を備えている。たとえば、SPBOMはデータの更新履歴を、バージョン番号を付けて残すことができ、バージョン番号や更新日を指定してデータを検索できる。

SPBOMにおいて設計変更とは、品目群、加工機能、群製造方法(製造場所)、用途・使用条件などの追加、修正、削除などをいう。このデータの変更登録とその実施は、バージョン管理と別の事象として管理する。設変番号とバージョンとは同期する必要はない。つまり、前もって設計変更を登録しておくことができる。

## 3.3.3. 用途・使用条件の引継ぎ

SPBOMは基本的な技術データ管理機能の他に、いくつかの便利な機能を実装している。その1つは、用途・使用条件値の引継ぎである。これは、上位品目の用途・使用条件値を下位品目の用途・使用条件値として引き継ぐ機能である。引継ぎに当たっては、簡単な計算を施すことができる。たとえば、品目群「ドア」を使って品目群「棚」が作られるとする(図8参照)。

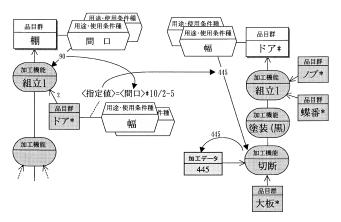


図8 使用上の継承条件図

そして、「棚」の用途・使用条件「間口」と「ドア」の用途・使用条件「幅」との間に、「幅」=「間口」\*10/2-5という関係があるとする。ここで、「ドア」のオーダとして用途・使用条件「間口」=90が与えられると、関係式に従って計算されて、445という値が「ドア」に引き継がれる。これがさらにドアの加工機能「切断」の加工データに引き継がれて切断の加工指示となる。

この機能は、上位品目の用途・使用条件から下位品目の それが決定される家具のような製品においては有効であり、 サイズ違いや色違いの製品がうまく扱える。こうしてみる と、規格品というのは「特注品」と呼ばれる多くの製作可 能な製品のうちのほんのいくつかにすぎず、SPBOMの下で は規格品を規定する意味がないことがわかる。また、BOM を持たない1個作りの製品といわれるものの一部は、この 方法で合理的に扱える。

このような機能を使うことで、新しい部品表のデータ 量は、従来のデータ量に比べて1/20から1/100に圧縮でき る。

## 3.3.4. アプリケーションの例

SPBOMは技術データを体系立てて保持しているにすぎない。用途・使用条件を与えて、それを実現する加工機能の連鎖を導出したり、基本情報を取り出したりするプログラムインタフェースはあるが、具体的なアプリケーションはユーザが開発しなければならない。SPBOMは製造ビジネスのアプリケーションのカーネルである。もちろん、従来型の部品表や製造手順表も取り出せるので、品目コードを発生させることで従来アプリケーションと接続できるが、それでは、マス・カスタマイゼーションの実現を支援することにはならない。次に、日本型マス・カスタマイゼーションを支援するアプリケーションの例をいくつか提案する。

まず、用途・使用条件が未定の品目群を扱えることから、こうした曖昧な顧客オーダを受けて、長納期品の手配を行うアプリケーションが考えられる。ただし、このオーダの 生産状況に応じて、いずれ適当な時期に未定の用途・使用 条件を決定しなければならない。

次に、用途・使用条件の引継ぎ機能を活かした特注品出図システムが考えられる。基礎になる製品および部品の図面(マザー図面)を作っておき、与えられた用途・使用条件から部品のサイズを導出し、その値をCADに渡して、パラメトリック機能を使って製図させて、これを製造指示と

して出図する。過去に製作したものは保存しておいて、同 じオーダが来れば、それを優先的に出図する。

「ローリング計画」は最もSPBOMの特徴を活かしたアプリケーションである。これについては次章で詳述する。

# 4. ローリング計画

## 4.1. 生産計画のシームレスなローリング

ローリング計画とは、実績や市場の状況を見ながら生産計画を微調整していくことである。ここでは、長期、中期、短期と進むにつれて、粗く大きな計画が徐々に分解され詳細化されていく。これは多くの用途・使用条件が未定の大きなロットの生産計画が、市場の動向に応じて分割され、用途・使用条件が決定、あるいは変更されていくことに対応する。実際は、これは徐々に進行していくので、長期、中期、短期という明確なしきりがあるわけではない。

生産計画が変更されるたびに、その生産計画についての 所要量計算が行われ、以前の所要量との差分が取り出される。

#### 4.2. 座席予約

顧客オーダも曖昧な仕様から、納期にあわせて徐々に確定していくことが許される。顧客オーダは、それと互換な用途・使用条件を持ち、その納期を満足する生産計画と対応づけられる。これは、生産計画を列車編成、顧客オーダを乗客と見なして、生産スケジュールを、顧客をどの列車に乗せるのがよいかというメタファに置き換えたものである。

従来も、生産能力を最大限に引き出して、納期を保証した生産計画を用意して、それに顧客オーダを紐づける形での座席予約が行われていた<sup>5)</sup>、<sup>6)</sup>。これに対し、本方式では、生産計画(座席)が長期で用意されており、その最終生産品目が未定であることが大きく異なる。顧客オーダは、その用途・使用条件が生産計画のそれと互換であれば座ることができる。未定の用途・使用条件はオールマイティである。生産計画は、割り当てられている顧客オーダの状況を見て、変更されたり分割されたりする。

用途・使用条件の決定はできるだけ遅らせるのがよい。 その最終期限は、用途・使用条件ごとに、加工機能の連鎖の中で、それが最初に実現される時期として計算できる。

# 4.3. ローリング計画表を中心とする協調

こうした座席とその予約状況、生産進度を表示するのがローリング計画表である。状況は時々刻々と変化するので、これを見ながら、生産計画担当者、営業担当者、調達担当者、生産担当者などが協調して作業をしていく。この様子をユースケース図で示したのが図9である。

ローリング計画表を供給者が企業の枠を超えて見ること によって、生産の進度に合わせて、部品の供給が行えるよ うになる。

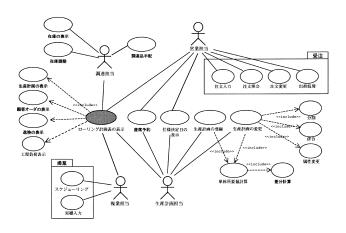


図9 ローリング計画表のユースケース図

これは、手島の言う「気配り生産方式」<sup>7)</sup> であり、一つの 日本型SCM (Supply Chain Management) であると言え よう。

## 5. おわり**に**

本稿では、SPBOMが、従来表現しにくかった、仕様が 未定の品目を合理的に表現できること、それを生産の進度 とともに変化させられることを示した。しかし、技術デー タをこのように体系的に整備することは容易ではない。製 造業の本質に関わる課題だからである。技術データ整備の 支援ツールは提供しているが、それ以前に企業自身が「し なやかな」発想に立たなければならない。

現在のSPBOMは製造局面に焦点を当てているが、設計・開発局面にも同様なデータの整備が必要である。すなわち、E-BOMの機能をSPBOMに取り込む必要がある。これについては、保守用BOMの取り込みを糸口にして、現在検討中である。

さて、SPBOMは新しい技術データ管理システムである

ことはご理解いただけたと思う。ここで挙げたアプリケーションの例以外にも、まったく新しいものがあるかもしれない。ここにも「しなやかな」発想が必要である。

#### 参考文献

- 1) 手島歩三:「日本製造業の生産形態『マス・カスタマイゼー ション』」、計測自動制御学会 第24回システム工学部会研究 会資料、2001
- OMG Manufacturing Domain Taskforce: "Product Data Management Enablers Specification (Version.1.3)", Nov. 2000
- Goldratt、 E. M.: "The Haystack Syndrome: Shifting Information Out of the Data Ocean"、North River Press、 222/228、 1990
- 4) Fowler、M.、児玉公信ほか訳:「アナリシスパターン」、ア ジソン・ウエスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン (現ピア ソン・エデュケーション)、1998
- 5) 田村隆善、藤田精一:「生産座席システムについての一考察」、 経営システム、 Vol.4、 No.1、 5/13、 1994
- 6) 阿久澤 正:「電算機生産における生産座席予約システム」、 経営システム、 Vol. 4、 No. 1、 14/19、 1994
- 7) 手島歩三:「気配り生産システム」、日刊工業新聞社、1994

## <問い合せ先>

#### 技術部

(兼) 製造・流通システム事業部製造・流通システム開発部SPBOMソリューションチーム

Tel. 044-540-2139 児玉 公信

E-mail: kiminobu-kodama@exa-corp.co.jp