

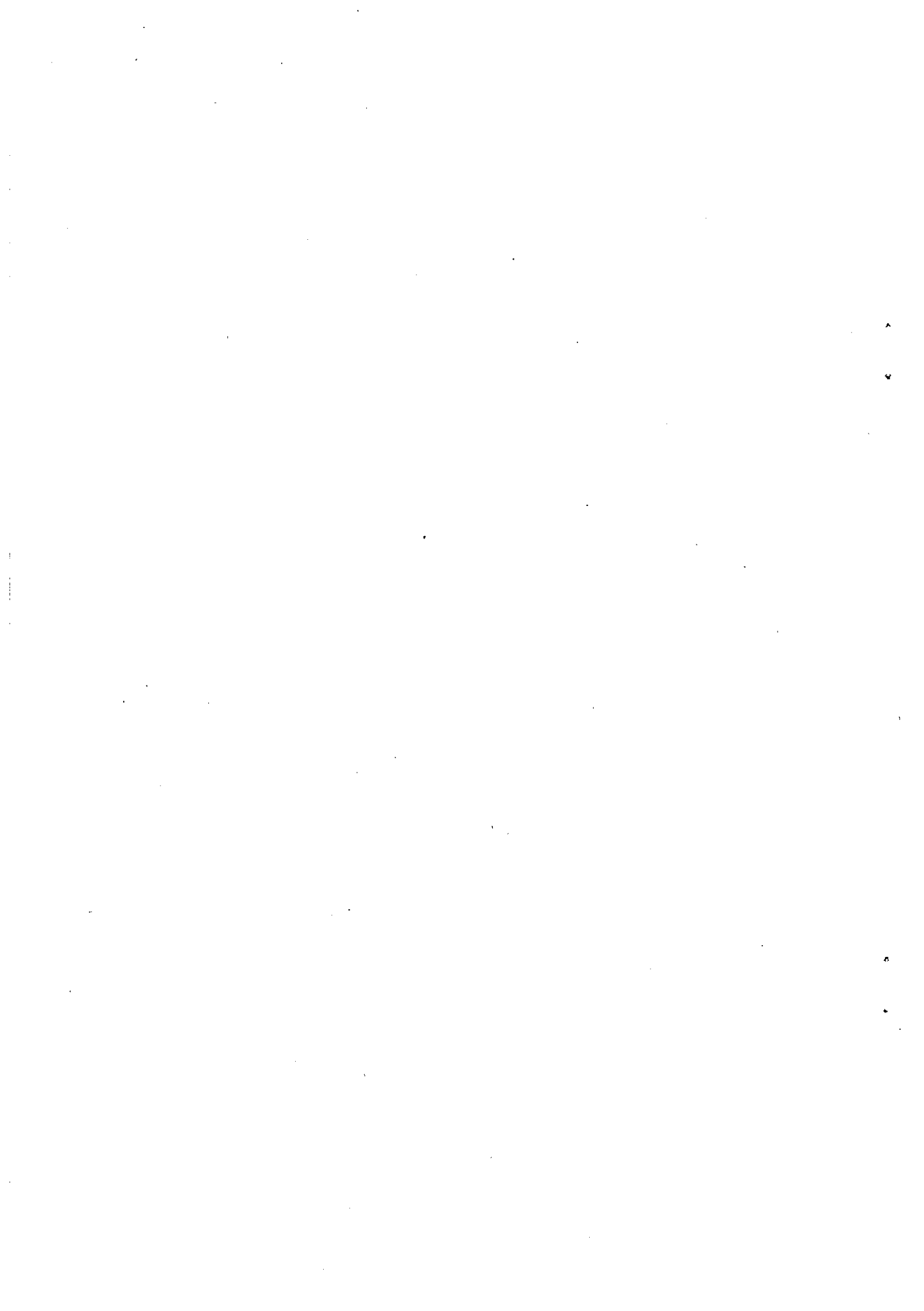
**No. 1017**

ERPを用いてビジネスプロセスを作り出すための情報システム方法論:  
quicklPP - 日程計画業務の場合

by

佐藤亮、蔡東倫、二村暢之、小野栄一

January 2003



ERP を用いてビジネスプロセスを作り出すための情報システム方法論：

quickIPP - 日程計画業務の場合

佐藤亮、蔡東倫、二村暢之（筑波大学） 小野栄一（産業技術総合研究所）

**概要** ビジネスプロセスの再構成と同時に ERP (enterprise resource planning package: 統合基幹情報システム) をプロセスに組み込んでいくための情報システム方法論として Iterative Process Prototyping (IPP) がある。本研究では ERP として SAP R/3 を取りあげ、生産計画とプロジェクト管理の教育に用いるために開発した quickIPP を提唱する。quickIPP は、IPP の考え方を教育目的のために変更してできた情報システム方法論である。IPP には用意されていない要素を加える一方で、不要な要素を削った。

quickIPP 方法論を定式化したことで、生産日程計画関連のデータが構造化されて明らかになり、同時に、業務プロセスの内容や関連する ERP の機能や作業を意味付けることが可能になった。ビジネスプロセスと ERP の整合をはかるためには quickIPP の構造は自然で必須のものであるので、ERP 実施にも有効であると期待される。

**キーワード** ERP、quickIPP 情報システム方法論、日程計画モデル

## **An information systems methodology to engineer business process through ERP: quick IPP - Case of planning and scheduling**

Ryo Sato, TungLun Tsai, Nobuyuki Futamura(University of Tsukuba)

Eiichi Ono (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

**abstract:** The iterative process prototyping (IPP, for short) is an information systems methodology that aims both re-engineering the business process and integrating it with an enterprise resource planning package (ERP, for short). This research takes SAP's R/3 system as a typical example of ERP, and proposes the quickIPP that has been evolved through the classes for production planning and for project management. The quickIPP is an information systems methodology based on IPP. It added a necessary component, while eliminated unnecessary ones.

Formulating the quickIPP in this paper, the data in planning business activities has been clearly modeled. This makes it possible to understand and position business activities and related ERP components and operations. Furthermore, since the structure of quickIPP is straightforward and indispensable, it is expected that quickIPP is also applicable for implementation of ERP.

**Keywords:** ERP, quickIPP methodology, model of planning and scheduling

## ERP を用いてビジネスプロセスを掘り出すための情報システム方法論：

### quickIPP — 日程計画業務の場合

#### 1 イントロダクション

ワープロを自社の業務で使うには、ほとんどの場合ワープロソフトを購入する。購入後は、メニューに書式設定ボタンやお気に入りの罫線機能を追加したり、逆に、標準設定されている入力支援機能から自分にとって不要なものをはずしたりする。さらに他のソフトウェアを追加して、インターネットで配付するためのファイル形式で出力するためのボタンを付加したり、日本語変換辞書ソフトを変更したりもする。ワープロを使う業務のひな形となる書類のファイルを明示的に決める場合もある。ワープロ使用法は常識化しているので、ワープロを情報システムととらえてその導入実施方法を説明されることはほとんどない。このように、通常の利用ではワープロソフトを個別開発することはなく、標準品を購入する。

一方、定型的な基幹業務に用いられる情報システムは自社開発による特注品を用いることも多い。情報システム方法論の多くは特注品としての情報システムを実現するために用いられてきた。ビジネスプロセスやデータの分析と設計を行うことも含まれる。構造化分析・設計方法論やオブジェクト指向の情報システム方法論は、ビジネスの目標やビジネスプロセスの構造や要件を定めて、そこに適する情報システムを開発する[たとえば、1, 12, 17, 22]。完成される情報システムは、多くの場合、特別目的のデータテーブル等が未定義の生の状態のデータベース管理システム等を用いて作成される。つまり、構造化やオブジェクト指向の情報システム方法論は、顧客のビジネスプロセスにあわせた特注品を作ることが基本的前提となっている。

これに対して、ERP (enterprise resource planning package: 統合基幹システム)はビジネス上の多くの「標準的」なビジネスデータのテーブルやビジネスプロセスの作業を既に組み込んだ標準品としての基幹業務用の情報システムである。品目表、顧客表、注文票の画面イメージとデータ、生産計画データ、財務会計や管理会計とその標準的な使用方法がはじめから利用可能になっている。自社の都合にあわせるためにパラメータと呼ばれる作業条件や ERP 稼動条件を

指定することで情報システムとビジネスプロセスを特化する仕組みを持つ。したがって、ERP を実施するための情報システム方法論は、ビジネスプロセスの中で ERP が整合的に利用されることを保証する必要がある。

ビジネスプロセスの再構成を検討すると同時に ERP をプロセスに組み込んでいくための情報システム方法論として IPP (iterative process prototyping [5])がある。ERP をビジネスプロセスに組み込んで高度化するには、いくつかの側面を扱う必要がある。IPP はそれら諸側面を整理して考えるための概念的フレームワークと実施方法を統合しており、ビジネスプロセスのモデルの記述、ERP の内部のコンポーネントの記述、それらの関係の記述、ビジネスプロセス高度化の実施方法論である。

IPP は、提唱者が指摘しているように、方法論の実施にあたっては問題状況に適応的に用いる必要がある。本研究では ERP として SAP R/3 を取りあげ、ビジネスプロセス工学や情報システム方法論の教育において、生産計画とプロジェクト管理に用いるために開発した quickIPP を提唱する。quickIPP は、IPP の考え方をもとにして教育目的のために変更してできた情報システム方法論である。IPP には用意されていない要素を加え、また、不要な要素を削った。現在のところ、適用する問題領域として生産計画とプロジェクト管理がある。quickIPP を実施する場合、生産計画については、MRP (material requirements planning、または manufacturing resource planning) を利用するために、部品表、ワークセンタ、作業と作業手順といった PDM (プロダクトデータ管理) の理解の後に、実際に PDM データを入力して計画することで ERP のパラメータ調整 (カスタマイズ) を体験的に理解できる。プロジェクト管理については、構造的側面は WBS (work breakdown structure) で表現される一方で、制約理論をプロジェクト管理に用いて動的側面の最適的な設計ができるようにする。データベース+ウェブサーバ+ブラウザという三層構造のソフトウェアを試作した例をプロジェクト管理のために利用する [2]。どちらの問題領域も ERP の持つ計画機能に焦点を当てたものになっている。

本論文は、問題領域として取り上げた MRP とプロジェクト管理の独自性とか有効性を主張するものではなくて、そういったビジネスプロセスを ERP 導入・実施と整合させるための方法論としての quickIPP を提唱しその構成を述べるものである。そのため、生産計画の手順とプロジェクト管理の手順自体についての説明は深入りせずに簡潔に行う。

quickIPP 方法論を定める以前は、これらの ERP の機能やそれを用いた作業を意味付けるための最小で完全的な知識が何であるかは不明であった。本論文で示すような、生産日程計画関連のデータの構造モデルを明らかにすることで、業務プロセスの内容やそこで入力したり参照するデータの的確な意味付けが可能になった。

ビジネスプロセスと ERP の整合をはかるためには quickIPP の構造は自然で必須のものであるので、教育目的ばかりでなく実務的にも有効であると期待される。

本論文の以下の節は次のように構成される。2 節では、IPP を説明した後で quickIPP を提唱する。3 節では MRP の導入とプロジェクト管理の導入についての quickIPP 実施のケースを示す。4 節では quickIPP をこれら 2 つのケースで実施するにあたって必要な計画関連データの構造モデルを定式化によって明確化する。5 節は結論である。

## 2 Quick Iterative-Process-Prototyping

### 2.1 Iterative Process Prototyping

標準品としての基幹情報システムである ERP が持つ情報資源と情報技術を活かしてビジネスプロセスをモデル化することで、目標とするプロセスと ERP との論理的整合を取ろうとする方法論として Iterative Process Prototyping 方法論が Keller and Teufel [5] によって提唱された。ERP の中に存在する標準ビジネスプロセスモデル (参照モデルとも呼ぶ) を使って、対象とするプロセスの分析と設計・再設計とプロトタイピングを同時並行的に行っていく方法論である。

Iterative Process Prototyping は 6 つの構成要素からなる：参照ビジネスプロセスモデル、組織モデル、データモデル/オブジェクトモデル、データ辞書、カスタマイジング、プロトタイピングである。これらは以下のようなものである。

#### (1) 参照ビジネスプロセスモデル

EPC (Event-controlled Process Chain) 図によって、組織で実際に行われており、しかも R/3 で実現されているビジネスプロセスの処理とデータが表現される。EPC はデータフローダイアグラムとやフローチャートと少し異なるが似ている図的技法であり、作業の手順と作業の入出力を詳しく表現する [5, 15]。

#### (2) 組織モデル

ERP ではビジネスプロセスへの人員の配置を設定するための仕組みが組み込まれている。これを組織モデルという。組織における人員配置を、社員の能力(資格)、利用可能機器、スタッフの専門知識によって決定する。さらに、社内的・社外的環境の変化に応じて柔軟に変化していくものである。R/3 での組織パターン分けは、会計管理、ロジスティクス、人事管理となっている。

### (3) データモデル/オブジェクトモデル

ビジネスで利用される多様なデータの階層構造を整理して表すために、構造化実体関連モデルを用いる。エンティティとオブジェクトを同義に用いる。R/3 のデータモデルに含まれるオブジェクトには、販売関連では、顧客、顧客引き合い、顧客見積請求、顧客スケジュール契約などがある。生産計画関連では、販売計画、所要量、生産計画である。人事管理関連では、職位、職能などがある。これらのデータは、現実のビジネスでいろいろな関係が発生することをデータモデルとしてモデル化して描写するため、相互に関連している。

### (4) データ辞書

ERP はデータベース管理ソフトウェア (DBMS) の上に作られた応用システムである。つまり DBMS の機能を使って作られている。ERP が DBMS の上に定義されている訳だから、R/3 で使われるデータが DBMS に保持されている。これをデータ辞書とかメタデータと呼ぶ。

含む内容としては、表、表の属性、データ間の関係、プログラムや画面ウインドのデータがある。

### (5) カスタマイジング

ユーザの目的や要求に従って、必要な機能を組み入れるために、パラメータを選んでアサインすることをカスタマイズとかカスタマイジングと呼ぶ。ここで、パラメータとは、たとえば、生産計画の際の計画上の余裕日数の設定のようなビジネスプロセスに関連するものと、伝票番号の桁数や計画シナリオ番号の範囲のようにデータベースのソフトウェア的側面に関係するものがある。

R/3 は必要とされるような設定のために便利な規定設定を持っている。カスタマイジングのためのサブシステム (インプリメンテーションガイドと呼ばれる) を通じて行うことができる。メニュー項目がどの表や属性を操作するのかを知る必要はない。

カスタマイジングの大枠の構造は、大きくりのビジネス領域に分かれている、たとえば、購買、販売、配送、などである。

## (6) プロトタイピング

ERP で実行可能な形で、ビジネスプロセスを実現したデータを用意し、具体的に利用するシナリオにしたがって、データを表示して実行できる機能をプロトタイピングと呼ぶ。いろいろな製品と生産・販売管理形態を持つ多国籍企業が例題として用意されていて、たとえば、生産計画や生産能力計画などを実際に試して見ることができる。SAP 社の ERP である R/3 では IDES 社 (Internet Demo and Education System) と呼ばれる例題である。

IDES をそのまま使って、自分独自のプラント (工場に匹敵するロジスティクスの組織) を定義して独自のビジネスプロセスを試しに作ることが可能である。これはカスタマイジングも含む。自分の品目を追加し、その品目についての操作をいろいろと試してみる時にも例題としての IDES は複雑な設定を理解するために必須のものであるといえる。

## 2.2 Iterative Process Prototyping の実行手順

IPP では前節の 6 つの要素の間を行ったり来たりしながら (これをランダムジャンプと呼ぶ)、IDES を見たり使ったりしながら、ERP をその内部に含むようなビジネスプロセスを構築する。基本的な目標は、IPP によって自社の業務プロセスを分析し、その過程で R/3 参照モデルの利用可能性を確認し、また、不用な個所を取り除くこととを検討することである。業務経験を持つユーザ企業社員と、ERP とユーザ業務の知識を持つモデレータから成るチームが、次のような手順で行う。

ステップ 1 : 分析対象とするビジネスプロセスエリアを一般的・概括的な括りで選ぶ。

ステップ 2 : 販売や生産等の、対応する ERP の機能ブロックを選ぶ。

ステップ 3 : ERP の各ブロックの中の参照モデルから対応するものを選んで内容を見る。ランダムジャンプ 技法によって業務の流れや ERP での扱い方法について分析する。取り除くべき不必要なプロセスの流れを決める。

ステップ 4 : これをすべてのプロセスについて行っていき、ユーザ用のビジネスプロセスが ERP ブロックの結合として完成する。

上記手順を補足する。まず、ユーザに一般的なレベルでユーザのビジネス領域を



描いてもらう。そしてミーティングでは、ERP モデレータ役の人は、それらの領域に対応する ERP 参照モデルを徹底して対応させる。これはラフな順序でプロセスモジュールを並べることを意味する。これがたたき台としてのプロセスのチェーンを構成し、後のステップで行う詳細システム調整の基盤となる。この段階ではたたき台のモジュールは手つかずであって最大機能を持ったままである。

ERP プロセスモジュールをテストして実現形にしていく。まず、ERP の参照ビジネスプロセス・モデルの中のプロセスモジュールを、ミーティング参加者全員に見えるようにする。可能な処理経路を話し合い、ユーザの要求と比較し、余分なビジネス処理の経路を削ることを行う。ひとつのプロセスモジュールのすべてのステップについて、一般には削除が検討される。このとき、たいていはプロセスからプロトタイプ (IDES 社) へのランダムジャンプがしばしば行われる。

IPP 方法論を使うことで、ユーザは ERP の IDES 例題を利用する。IDES のデータを使って実際の ERP ドキュメントや画面の例を見ることができる。ユーザの理解が進むうちに、参照プロセスモデルの不要なプロセスを取り除くことがある。また、こうしたプロセス分析の結果を記録して、手書きの表の形に表して他のステップや将来の変更作業のアジェンダとして記録する。

### 2.3 quickIPP

IUCCIM というおもちゃ製造の工場における生産計画業務を IPP を使って ERP に載せることを試行した [6]。IUCCIM は inter university center for computer integrated manufacturing [7] の略称であり、おもちゃのラジコンカーの製造販売を行っている。この結果、IPP の 6 つの要素すべてが必要ではなく、また、計画業務の知識のうちで何が必要となるかの最初の案を定めた。さらに、プロジェクト管理について、制約理論をプロジェクト管理に適用した Newbold [8] の手順を再構成し、ERP とそれ以外に必要なソフトウェアを組み合わせで試行した [3, 13]。これらのケースは、試行錯誤的に筑波大学の大学院経営政策科学研究科、大学院システム情報工学研究科、および社会工学類 (学部に対応) 経営工学主専攻における数年間の講義・実習で使用され、IPP を計画業務に用いるための quickIPP の構成要素と手順として収束した。

quickIPP の構成要素は 4 つある。参照ビジネスプロセス、プロトタイプリング、カスタマイジング、生産計画の知識ベースである。

これらの内で、生産計画の知識ベースは IPP に含まれなかったものである。3 節で具体的な利用手順と関連させて説明し、4 節で集合論的に明確に記述する。quickIPP の実施にあたってユーザが実際に行うことは、ERP 中の例題企業である IDES 社のビジネスプロセスを参考にしたり、画面の表示順序や表示データを理解したり確認したりして、ERP を用いた場合の自社業務のビジネスプロセスを確定していく。quickIPP の実施手順は 3 節で例示されるように IPP と同様であるが、異なる点が 2 つある。利用する ERP のコンポーネントが IPP の 6 個のうち 3 個であること、IPP に欠けていた計画知識ベースと関連ソフトウェアを明示的に用いることである。次のような手順となる。

ステップ 1: 検討対象としている自社ビジネスモデルを描く。補助的に ERP 以外のソフトウェアを使って EPC 図としてビジネスプロセスを描いたり、あるいは、紙の上に表示したりする。

ステップ 2: ERP 中の IDES 社のビジネスプロセスの中で、自社業務と対応するものを探す。

ステップ 3: 対応するものや類似のものが見つかったら、例題を動かしてみたり、自社のデータを入れて ERP を動かしてみる。カスタマイズ、プロトタイプ、標準ビジネスプロセスの間のランダムジャンプを行うことによって、自社プロセスに適合するかどうかを検討する。不足する点は記録に残しておき、ERP ベンダーやコンサルティング会社などに照会する。

ステップ 4: 上記のステップを試行錯誤的にくり返して、対象業務全般に対して行う。

生産計画とプロジェクト管理のための quickIPP の実行は ERP の情報資源を用いて自社のビジネスプロセスを掘り出していく作業となる。ERP 導入と同時に自社の当該業務プロセスを変えようとしている場合でも同様の手順となる。ERP が提供している画面やデータで、自社に不要なものの確定も行われる。この quickIPP の実施作業を通じてユーザは ERP の GUI やメニューの構成にも慣れていき、また、IDES のヘルプドキュメントにもアクセスしうる。quickIPP のひとつのポイントは、IDES 中の標準プロセスの理解と確認と、その中の不要部分の決定である。

quickIPP として方法論を構成することにより判明したことは、IPP との相異

点も含めて、次のようにまとめられる。

(1) ERP を構成しているプログラムコードやデータ辞書を理解することを必要としない。そのようなソフトウェア的な側面に集中することなしに、ERP 中の参照ビジネスモデル、IDES 例題（プロトタイピング）、パラメータ設定のカスタマイジング機能という3つの要素を用いれば、自社材料や部品表の登録や MRP 実行、および、プロジェクト管理のためのデータ定義やスケジューリングを行うことができる。

(2) 一方で、生産計画の場合もプロジェクト管理の場合もプロダクトデータ管理のモデルやそれを用いた日程計画やスケジューリングの知識は欠くことができない。したがって、これらについてのデータと手順について理論構造を明確にする必要がある。この理論構造を本論文では計画知識ベースと呼ぶ。ただしエキスパートシステムの知識ベースとは無関係であり、必要となる計画関連データを確定したものである。

### 3. ケーススタディ

本節前半では、MRP による生産計画業務への ERP 導入のための quickIPP を示す。後半では、制約理論を適用したプロジェクト管理の quickIPP を示す。

#### 3.1 MRP の業務

生産計画業務へ quickIPP を適用するときの具体的な流れの概要は図2のようになる。まず全ての業務プロセスのくくりとなる工場（プラント）データを新規データとして登録し、そこで自社の品目をそのプラントに登録していく。

登録された品目を用いて、さらに品目間の関係に従って部品構成表を作成する。その後、実際に作業を担当する作業区を作成し、部品構成表のレベルごとに対応して作業順序を定義していく。

この後、販売計画を与えて、生産計画である MRP 計算を行なうことができる。

図1は、ERP に用意された MRP のビジネスプロセスを導入し検討するプロセスの流れを表す EPC 図である。

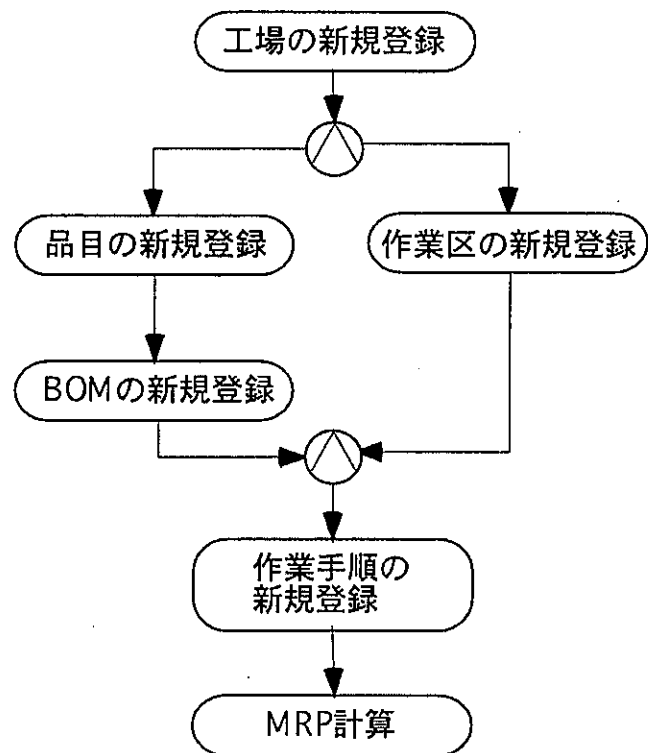


図1. MRP 導入・検討プロセス [5, 19]

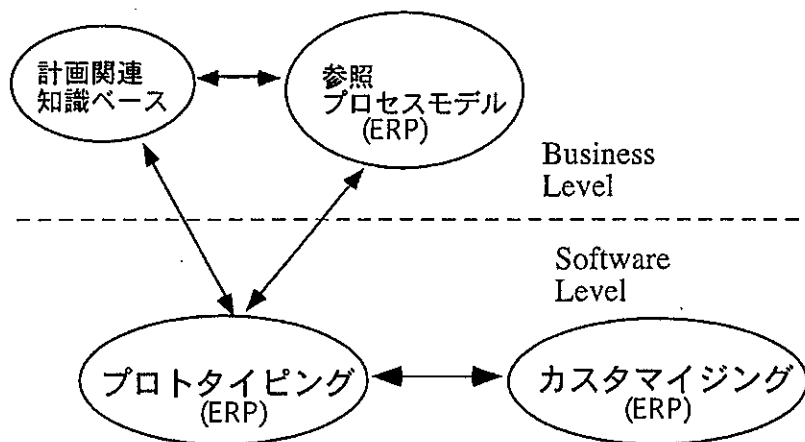


図2. 生産計画の場合の quickIPP

この MRP のケースの製品はラジコン式のモデルカーである。その部品表 (BOM) は4つのローレベル (low level) からなり 48 品目持つ。その中には共通品目もある。品目は購買品目、半製品 (中間品目やサブアッセンブリとも呼ばれる)、最終製品である。部品表の中の部品間の階層の存在は、下位部品 (群) から上

位部品への加工・組立・検査などの変換作業群があることを意味する。この一連の作業群を作業手順とかルーティングと呼ぶ。作業手順はいくつかの作業から成り、各作業を実行する作業区（またはワークセンタ）と呼ばれる機械や作業者を決めておく。各品目・各作業・各作業区ごとの作業時間を指定しておく。このようなデータを使って、MRPにおける生産計画は、製品の需要を満たすためにタイムバケットと呼ばれる単位期間ごとの、製品、半製品、購買品目の製造と購買の計画を立てる。タイムバケットは、月や週や日に取られる。生産量に応じた必要な作業時間の計画も結果として定まることになる。これらの事項の定式化と例示は4節に示す。

図1におけるプラントの作成、品目の登録などの各プロセスにおいて、図2の要素によって quickIPP が実行される。すなわち、ERP の各要素の内容や表現法を見たり、自社の品目と比較したり、MRP の実施方法の種類を検討したりする。品目や部品表の記述の細かさは、IDES 中の品目の例を見たり、パラメータ設定を見ることで概要が理解される。また、計画立案の方法の種類や計画上の日程余裕の入れ方についても、IDES の例を実行したり、パラメータ設定を調べることで検討することができる。講義では、各個人が BOM, 作業区, 作業手順の定義と登録を行う。その後、需要データに対して MRP による計画作成を個別に利用することができる。

quickIPP 方法論を実施し定式化することで、ERP のこれらの機能を用いた作業において最小で完全な知識が定まった。本論文 4 節で示すような、生産日程計画関連のデータの構造モデルによって、業務プロセスの内容やそこで入力したり参照するデータの的確な意味付けが可能になった。

## 3.2 制約理論 (TOC) によるプロジェクト管理

### 3.2.1 プロジェクト概要

例題としたプロジェクトは、ユニバーサルデザインの個人対応の洋服の個別注文販売のビジネスプロセスを対象とし、需要者とデザイナー兼制作者を仲介することを目的としたウェブサイトを試作することである。数力所の実地調査 [2] や文献 [10, 11] を基礎とするビジネスプロセスの分析に基づく。そのウェブサイトをおオーダー服支援システムと呼び、データベース管理システムとウェブサーバのいわゆる 3 層構造システムとして試作した [2]。需要者として想定され

たのは高齢者や障害を持つ人間である。衣服におけるユニバーサルデザインとは、誰でも自分の身に合うものを要求して得られることだとした。オーダ服支援システムのプロジェクトは、当初は制約理論を応用したプロジェクト管理法によって計画管理されたものではなかった。本論文の4節で示すような、プロジェクト日程計画を生産計画関連データによって捉らえる方法が、当時は不明だったためである。プロジェクト終了後に、quickIPP の実施例として捉えなおしてERP 利用の妥当性を検討することに使用した。これは、文献[9]のような実際に自社のプロジェクト管理プロセスが既にあるとき、それを ERP で取り扱うことを検討する場合と同じ状況である。

### 3.2.2 手順

制約理論をプロジェクト管理に適用して、実効性がありかつ管理しやすいプロジェクトの日程計画を作成する方法が文献[3, 4, 8]によって提案された。本節では、掘[3]を参考にして次のようなステップでプロジェクト日程を作成する。

ステップ1：プロジェクトに必要となるタスクを洗い出してWBS (work breakdown structure) に構造化する。

ステップ2：ガントチャートを作成する。

ステップ3：プロジェクトが含んでいる安全余裕を取り除く。

ステップ4：プロジェクトバッファを設置する。

ステップ5：リソースの競合を解消する。

ステップ6：クリティカルチェーンを見つける。

ステップ7：合流バッファを設置して日程計画を完成する。

ステップ8：納期達成リスクを評価し、満足水準になれば前段ステップの余裕を増やして、満足水準にあるようにする。

各ステップについて、語句を簡単に説明する。ステップ1のWBSとはプロジェクトを完成させるために詳細化した一連の活動である[9]。WBSの個々の活動は表1のように書き上げられて、図3のような形で構造化されることも多い。本研究では、活動の間にさらに詳細化の階層があって、図4のような部品表と作業手順として捉える。プロジェクトを部品表としてとらえたものをWBS部品表と呼ぶ。したがって、ステップ2において、生産管理の場合と同じようにして、ガントチャートを用いてWBSの全活動をスケジュールできる。ステップ3

の安全余裕、ステップ4のプロジェクトバッファ、ステップ5のリソースの競合、ステップ6のクリティカルチェーン、ステップ7の合流バッファについての説明は省略する。最終的に、ガントチャートによるスケジュールの調整と作成が行われて日程計画ができる。ステップ8において、この日程計画をシミュレーション・ソフトウェアに再入力して各活動の時間をサンプリングしたモンテカルロシミュレーションを行い、その出力データをスプレッドシートに変換した上で取り込んで、納期達成率を評価する。

ERPを用いることで、これらのステップのうちでWBSを新規登録することと、各活動の所要時間等を指定することによって日程計画のガントチャート作成とが可能である。安全余裕、プロジェクトバッファ、リソースの競合、クリティカルチェーン、合流バッファについてはERPから離れてオフラインで行うが、本論文では省略する。

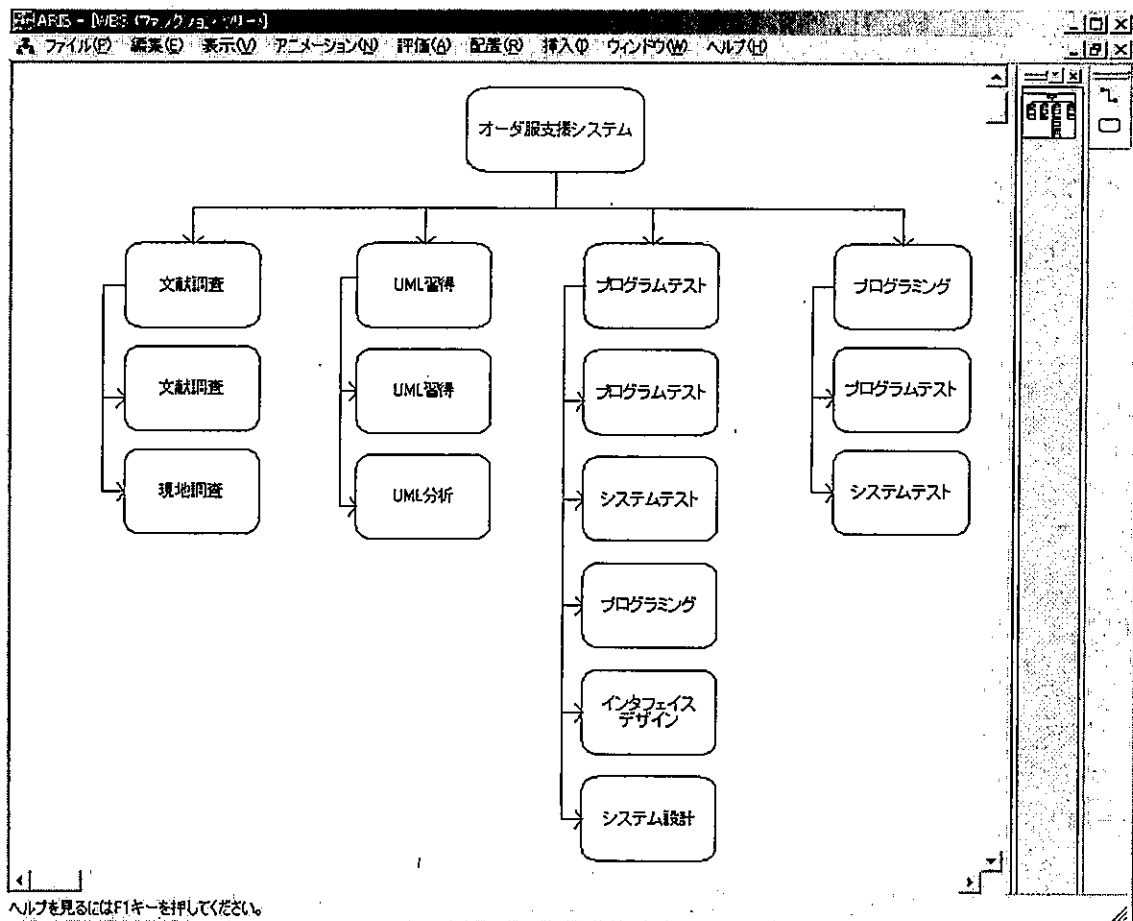
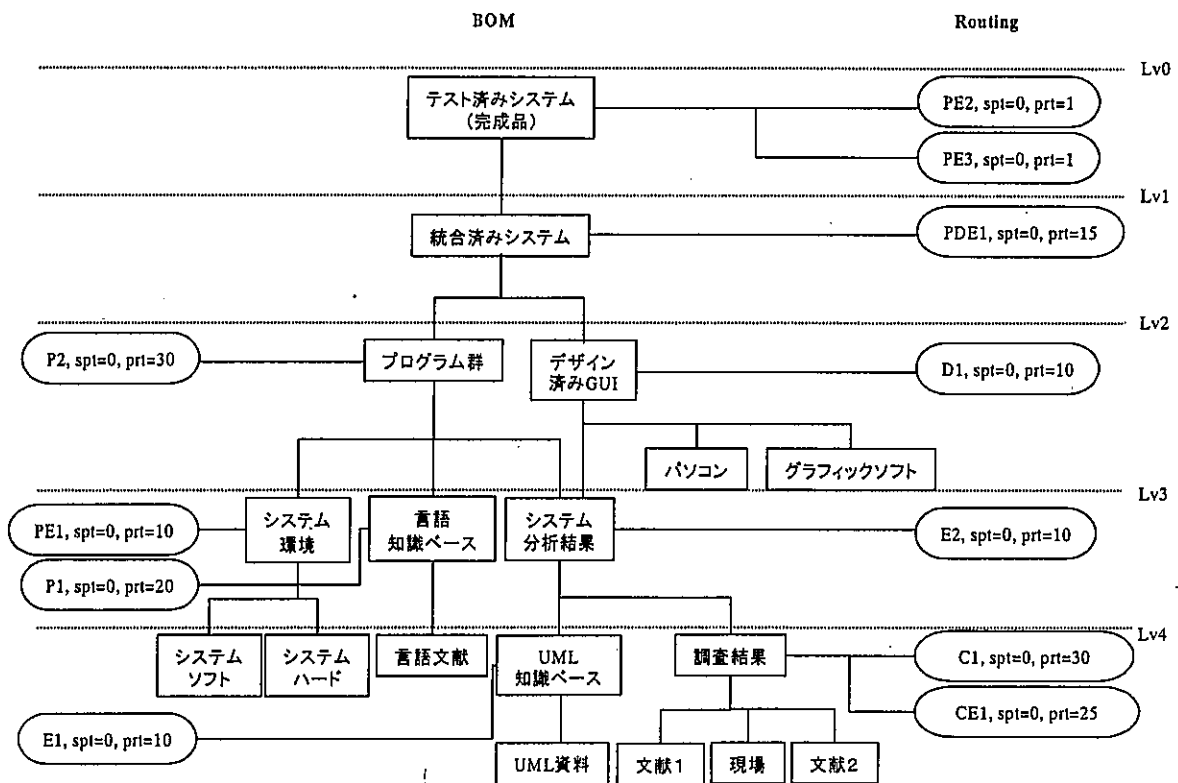


図3 WBS構造の図示 (ARIS Toolset™による)

開発フェーズ	作業コード	作業名	作業時間 (日)
調査	C1	文献調査	30
	CE1	現地調査	25
システム分析	E1	UML習得	10
	E2	UML分析	10
製作	PE1	資源準備	10
	P1	技術習得	20
	P2	プログラミング	30
	D1	UIデザイン	10
	PDE1	システム設計	15
テスト	PE2	プログラムテスト	1
	PE3	システムテスト	1

表1 WBSの構成要素となる活動と作業リソースと所要時間



\*構成数は全て1、段取時間は全て0

図4 WBS部品表と作業手順



オーダー服支援システムのプロジェクト管理の場合の計画知識ベースの構成要素は、WBSを構成する活動、ワークセンタ、作業手順、ガントチャート、クリティカルチェーンである(図5)。さらに、モンテカルロシミュレーションが用いられるが、これは計画作成とは直接の関連はない。

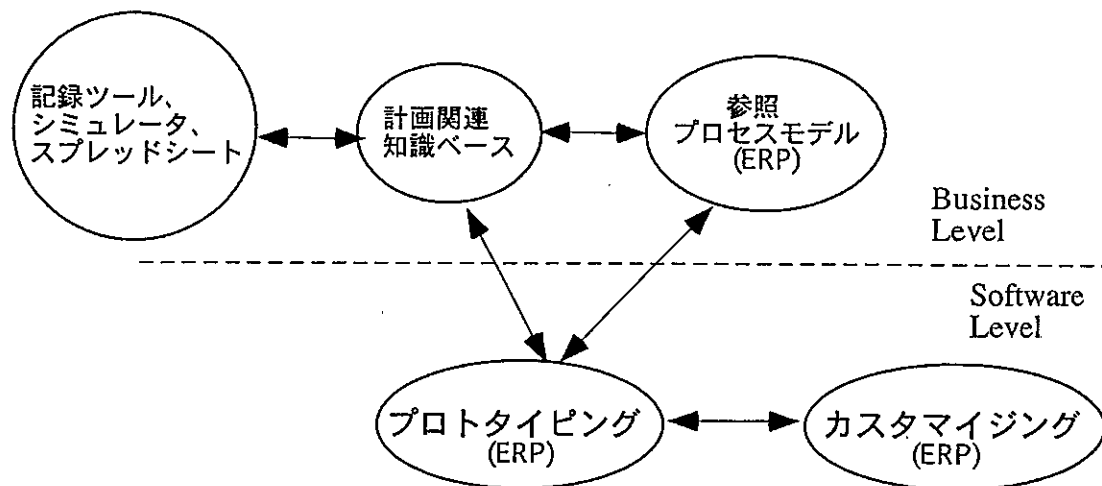


図5. 生産計画の場合の quickIPP

#### 4 計画関連知識ベースの構造

生産計画やプロジェクト管理のためにERPを用いてquickIPPを実施するために、計画に関連することがらのモデルが必要である。このモデルによって実施に必要な知識範囲と内容が定まる。本節では、計画関連業務のデータの構造モデルを定式化する。表現方法としては集合論的な記法を用いる。

##### 4.1 製品データ管理

品目  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  を品目の集合とする。製品の集合を  $P_F$ 、中間部品(組み立て品ともいう)を  $P_A$ 、購買品目を  $P_R$  とかく。いずれも全体品目集合  $P$  の部分集合となっていて、 $P = P_F \cup P_A \cup P_R$  である。購買品目  $p \in P_R$  の購買リードタイムを関数記号  $L: P_R \rightarrow \mathbb{R}$  によって  $L(p)$  とかく。ここで  $\mathbb{R}$  は実数の集合である。

部品表 ひとつの品目を構成する部品品目と各々の数量を指定する。

品目の部品構成  $B: P \rightarrow P(P)$ ,  $B(p_i) = \{p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k}\}$  は  $p_i$  を構成する部品が  $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k}$  であることを示す。ここで、 $P(P)$  は集合  $P$  のすべての部分集合からなる集合 ( $P$  のベキ集合) を表す。部品表によって示される関係は親子関係で、階層的に何段階か続いて購買品目を葉 (最終的な子品目) とするツリーとなる。品目  $p$  が購買品目であることは  $B(p) = \{\}$  であることにほかならない。ただし、 $\{\}$  は空集合を表す。

品目  $r \in B(p)$  の構成数 (1 単位の  $p$  のために必要な  $r$  の数量) を関数  $Q: P \times P \rightarrow \mathfrak{R}$  によって  $Q(p, r)$  と表わす。

品目の部品をすべて表現する集計部品表関数  $B^*: P \rightarrow P(P)$  を定める:

$$p' \in B^*(p) \leftrightarrow \text{ある } p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_n} \in P_A \text{ があって}$$

$$p' \in B(p_{i_1}), p_{i_2} \in B(p_{i_2}), \dots, p_{i_n} \in B(p_{i_n}) \text{ であること。}$$

購買品目ではない品目  $p$  については、部品表  $B(p)$  で表わされる子部品群から  $p$  を組み立てる (あるいは加工する) ための一連の作業がある。これを作業手順と呼ぶ。

作業の集合  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_M\}$

作業手順  $Rt: P \rightarrow P(O)$ 。  $B(p_i) \neq \{\}$  のとき、  $Rt(p_i) = \{o_{i_1}, o_{i_2}, \dots, o_{i_{n(i)}}\}$  は  $p_i$  を子部品群  $B(p_i)$  から製造するための一連の作業で、  $n(i)$  個あることを示す。(親品目ごとに異なる作業と作業手順を設定する。作業の集合はそのような設定の結果として定まる集合である。)

作業の順序  $= \subseteq Rt(p) \times Rt(p)$  作業間の実行順序が作業手順に規定されている。作業手順の中で作業  $o_1$  が  $o_2$  より早く実行されなければならないことを、  $o_1 = o_2$  とかく。

ワークセンター (作業区) の集合  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_H\}$

品目  $p$  の作業に対するワークセンタの割当  $G: P \rightarrow \{f: Rt(p) \rightarrow W\}$ 。

$G(p): Rt(p) \rightarrow W$  は作業を担当するワークセンタを表わす。

作業の標準時間  $ST = \{f: \{\text{set-up, processing, others}\} \rightarrow \mathfrak{R}\}$ 。ここで、  $f(\text{set\_up})$  は段取り時間、  $f(\text{processing})$  は加工・組立時間、  $f(\text{others})$  はその他の製造時間を表わす。その他の製造時間にはかたづけ、移動、待ち行列の時間が含まれる。能力表  $CT: P \rightarrow \{f: Rt(p) \rightarrow ST\}$ 。品目の作業手順の作業についての標準作業時間を定める。

生産資源の集合  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_K\}$

ワークセンターへの生産資源割当て  $E: W \rightarrow P(R)$

生産資源の稼働時間  $C: R \rightarrow \cup Interval_{gr}$ 。ここで  $Interval_{gr}$  は時間区間の集合であって、 $Interval_{gr} = \{[a,b] | a \leq b\}$  とかける。 $[a, b]$  は稼働日カレンダーの中の区間とする。 $C(r)$  は生産資源  $r$  についての稼働期間の並びを表わす。

穿孔や切削などの各作業は、品目に応じて、旋盤工程や組立ラインなどのワークセンターで行われる。1 台の機械やある技能を持つ個人の作業者とといった生産資源が、ワークセンターに対して 3 台利用可能であったり、5 人割り当てられている。各生産資源には、1 日あたり 8 時間などの利用可能時間が決められている。1 日 8 時間労働する 5 人が同時に作業できるようなワークセンタの生産可能能力（単に能力と呼ぶ）は 1 日 40 時間ということになる。作業時間は部品表の親品目の単位数量をこなすための所要時間である。所要時間はより分解されて段取り時間や加工時間や片づけ時間などを含む。

PDM の例を示す。図 6 はひとつの品目  $a$  について部品表(BOM)、作業手順 (routing)、作業区(work center)、資源(resource)を図示したものである。

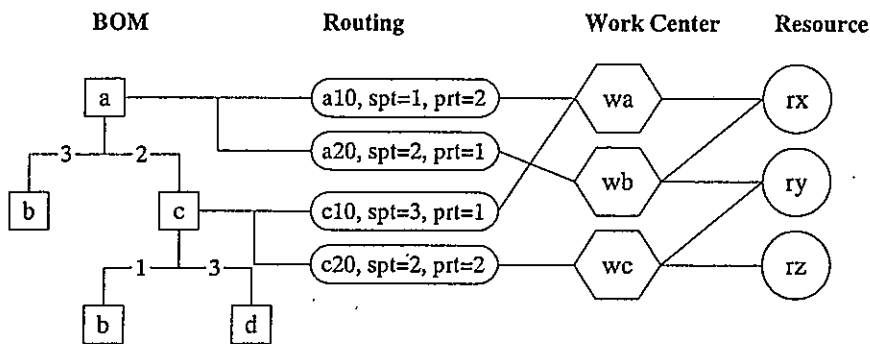


図 6 PDM の例

通常は数多くの品目があるが、説明のために製品が 1 つだけの場合を示している。図で、品目  $a$  の作業手順  $Rt(a)$  が 2 つの作業  $a10, a20$  からなる。作業  $a10$  について、 $spt = 1$  は段取り時間が 1 単位時間、 $prt = 2$  は加工時間が 2 単位時間、その他の時間が 0 であることを表わしている。このとき PDM の集合や関数は以下のようなになる。

$P = \{a, b, c, d\}$ ,  $PF = \{a\}$ ,  $PA = \{c\}$ ,  $PR = \{b, d\}$

$B(a) = \{b, c\}$ ,  $B(c) = \{b, d\}$ 。品目  $b, d$  は購買品目であり  $B(b) = B(d) = \{\}$ 。

部品構成数は、 $Q(a, b) = 3$ ,  $Q(a, c) = 2$ ,  $Q(c, b) = 2$ ,  $Q(c, d) = 3$  である。

作業手順は  $Rt(a) = \{a10, a20\}$ ,  $Rt(c) = \{c10, c20\}$  である。能力表は次の通り。

$CT(a)(a10)(set-up) = 1$ ,  $CT(a)(a10)(processing) = 2$ ,  $CT(a)(a10)(others) = 0$ , ...

$CT(c)(c20)(set-up) = 2$ ,  $CT(c)(c20)(processing) = 2$ ,  $CT(a)(a10)(others) = 0$ 。

作業区  $W = \{wa, wb, wc\}$ ;

$G(a)(a10) = G(c)(c10) = \{wa\}$ ,  $G(a)(a20) = \{wb\}$ ,  $G(c)(c20) = \{wc\}$ 。

$R = \{rx, ry, rz\}$ ;  $E(wa) = \{rx\}$ ,  $E(wb) = \{rx, ry\}$ ,  $E(wc) = \{ry, rz\}$ 。

## 4.2 日程計画とスケジュール

品目群に対して、需要と製品データ管理から生産スケジュールとして決める。計画期間に対する需要集合が与えられる。

独立需要（最終需要）の集合  $D_0 = \{\bar{p}_1^0, \bar{p}_2^0, \dots, \bar{p}_k^0\}$

ここで、 $\bar{p}_i^0 = (p_i, q_i, d_i) \in P_F \times \mathfrak{R} \times T$  は品目が  $p_i \in P_F$ （製品），需要量が  $q_i$ ，納期が  $d_i$  であることを表わす。 $T$  は時間軸を表わす集合である。同一品目でもたとえ納期が異なれば需要としては異なる。

生産計画では製品ばかりでなく中間部品も製造するため、それらの需要についてスケジュールすることも必要となる。 $B^*(p_1) - P_R = \{p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1u}\}, \dots$ ,  $B^*(p_k) - P_R = \{p_{k1}, p_{k2}, \dots, p_{ku}\}$  とし、 $\bar{p}_{ij} = (p_{ij}, q_{ij}, d_{ij}) \in P_A \times \mathfrak{R} \times T$  は品目が  $p_{ij} \in P_A$ ，需要量が  $q_{ij}$ ，納期が  $d_{ij}$  であることを表わす。 $(\bar{p}_i^0, \bar{p}_{ij}, v_{ij})$  によって、独立需要  $\bar{p}_i^0$  に対して、部品表によって対応する中間部品である品目  $p_{ij}$  の需要  $\bar{p}_{ij}$  を表わす。 $v_{ij}$  は  $p_{ij}$  の在庫使用量である。こうした情報を使って、 $D_0$  から作られる需要集合を  $D$  とする：

$$D = \{(\bar{p}_1^0, \bar{p}_1, v_1), (\bar{p}_2^0, \bar{p}_2, v_2), \dots, (\bar{p}_k^0, \bar{p}_k, v_k), (\bar{p}_1^0, \bar{p}_{11}, v_{11}), (\bar{p}_1^0, \bar{p}_{12}, v_{12}), \dots, (\bar{p}_1^0, \bar{p}_{1u}, v_{1u}),$$

$$(\bar{p}_2^0, \bar{p}_{21}, v_{21}), \dots, (\bar{p}_2^0, \bar{p}_{2i_2}, v_{2i_2}), \dots,$$

$$(\bar{p}_k^0, \bar{p}_{k1}, v_{k1}), \dots, (\bar{p}_k^0, \bar{p}_{ki_k}, v_{ki_k})\}$$

在庫使用を指定した需要  $(\bar{p}_i^0, \bar{p}_i, v_i)$  のスケジュールを

$S: D \rightarrow \{f \mid f: R \rightarrow P(O \times Interval_{\mathfrak{R}})\}$

という関数で表現する。

$S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  を次のように定める。最終需要  $\bar{p}^0$  のための部品  $p_i$  について作業手

順  $Rt(p_i) = \{o_{i_1}, o_{i_2}, \dots, o_{i_{n(i)}}\}$  の作業が、生産資源  $r_s$  において実行されるそれぞれの  
 実行時間区間を  $c_{i_1}^s, c_{i_2}^s, \dots, c_{i_{n(i)}}^s$  と書く。いくつかの区間は空区間  $\{\}$  であり、空でない  
 区間に対応する作業だけが  $r_s$  で実行される。

各々のスケジュール  $S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  は次の 3 条件を満たす：

(1) 作業順序と作業実行の整合性：

(1-1) 作業順序が早いものは早く実行されること：任意の

$$(r_s, (o_{i_1}, c_{i_1}^s), (o_{i_2}, c_{i_2}^s), \dots, (o_{i_{n(i)}}, c_{i_{n(i)}}^s)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i) \text{ と}$$

$$(r_t, (o_{i_1}, c_{i_1}^t), (o_{i_2}, c_{i_2}^t), \dots, (o_{i_{n(i)}}, c_{i_{n(i)}}^t)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$$

について、 $o_{i_j} \leq o_{i_m}$  かつ  $c_{i_j}^s \neq \{\}$  かつ  $c_{i_m}^t \neq \{\}$  ならば  $c_{i_j}^s \leq c_{i_m}^t$  である。

ただし、区間  $c = [a, b]$ ,  $c' = [a', b']$  について  $c = c'$  とは、 $b = a'$  のこと。

(1-2) 子部品の生産は親部品の生産の前に終わっていること：

$p \in P_F, p_i, p_k \in B^*(p), p_i \in B^*(p_k)$  のとき、任意の

$$(r_s, (o_{i_1}, c_{i_1}^s), (o_{i_2}, c_{i_2}^s), \dots, (o_{i_{n(i)}}, c_{i_{n(i)}}^s)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i),$$

$$(r_t, (o_{k_1}, c_{k_1}^t), (o_{k_2}, c_{k_2}^t), \dots, (o_{k_{n(k)}}, c_{k_{n(k)}}^t)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_k, v_k)$$

について  $\max\{c_{i_1}^s, \dots, c_{i_{n(i)}}^s\} = \min\{c_{k_1}^t, \dots, c_{k_{n(k)}}^t\}$  であること。

(1-3) 稼働日にスケジュールが収まること：

任意の  $(r_s, (o_{i_1}, c_{i_1}^s), (o_{i_2}, c_{i_2}^s), \dots, (o_{i_{n(i)}}, c_{i_{n(i)}}^s)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  と  $c_{i_j}^s$  について、 $c_{i_j}^s \subset C(r_s)$ 。

(2) 全生産資源における実行可能性：

2つの作業が同じリソースで実行される時、使用時間が重複しない：

任意の  $(r_s, (o_{i_1}, c_{i_1}^s), (o_{i_2}, c_{i_2}^s), \dots, (o_{i_{n(i)}}, c_{i_{n(i)}}^s)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  について、

$i \neq m$  ならば  $c_{i_j}^s \cap c_{i_m}^s = \{\}$  である。

(3) 所要量の充足：

・スケジュール計算で使用する在庫は、初期在庫より少ないこと：

$$\sum_{(\bar{p}^0, \bar{p}_k, v_k) \in \{\arg S(D)\}} v_k \leq v_i, \text{ ここで } v_i \text{ は品目 } p_i \text{ の初期在庫。}$$

・所要量 = (生産量-在庫使用量) であること：

まず正味所要量を計算する関数  $Net: D \rightarrow \mathbb{R}$  を定める。部品表を展開して構成  
 数から名目所要量を計算した上で、使用する在庫を引いたものが正味所要量と  
 なる。

$$Net(\bar{p}_j^0, \bar{p}_j, v_{jj}) = 0, \text{ if } p_i \neq p_j \text{ and } p_i \notin B^*(p_j)$$

$$= q_i - v_{ji}, \text{ if } p_i = p_j$$

$$= \sum_{p_k \in \{p | p_i \in B^*(p), p_i \in B^*(p_k)\}} Net(\bar{p}_k^0, \bar{p}_k, v_{jk}) \cdot Q(p_k, p_i) - v_{ki}, \text{ if } p_i \in B^*(p_j)$$

関数 Net は再帰的定義になっている。関数 Net は well defined である。

・スケジュールから生産する生産量が決まる。この計算を関数 A によって書く。 $S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  は品目  $p_i$  の作業手順の各作業が実行される時間区間を各作業ごとに表している。たとえば、ある生産資源  $r_s$  について

$$(r_s, (o_{i_1}, c_{i_1}^s), (o_{i_2}, c_{i_2}^s), \dots, (o_{i_n(o)}, c_{i_n(o)}^s)) \in S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$$

のときに、ある作業  $o$  がはじめの 3 個の時間区間で実行されていて、 $o = o_{i_1}^s = o_{i_2}^s = o_{i_3}^s$  とする。この作業では段取り時間が  $a$ 、品目  $p_i$  1 単位当たりの作業時間が  $b$  であるとする。すると  $r_s$  で作業  $o$  によって完成する  $p_i$  の数量は次式となる：

$$\{length(c_{i_1}^s) - a + length(c_{i_2}^s) - a + length(c_{i_3}^s) - a\} / b$$

ただし、 $length(c)$  は時間区間  $c$  の長さ（終了時刻-開始時刻）である。もし作業  $o$  が他の生産資源でも行われている時にはその完成数も加えることで、このスケジュールから  $p_i$  の生産量が決まる。この生産量を  $A: S(D) \times O \rightarrow \mathbb{R}$  という関数で  $A(S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i), o)$  とかく。

スケジュールは正味所要量を完成する必要があるので、各作業  $o \in Rt(p_i)$  について、次が成立しなければならない。

$$Net(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i) = A(S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i), o)$$

#### 4.3 納期

スケジュール  $S(\bar{p}^0, \bar{p}_i, v_i)$  の最終作業が  $\bar{p}_i^0 = (p_i, q_i, d_i)$  の納期  $d_i$  以前に終了すれば納期を満たすスケジュールということになる。

#### 4.4 MRP による日程計画

MRP ではタイムバケットごとの生産量を計算し計画を作成する。タイムバケットは月や週や日にとれる。独立需要の集合は、各製品について与えられる。もちろん、同じ品目が異なる納期や数量によって、異なる独立需要として入ることは可能である。日程計画が一定のタイムバケット経過ごとに再計算されるため、在庫としては手持ち在庫と発注済みオーダーによる在庫との 2 種類がある。

MRP 計算によって日程計画を作成するのは、おおきく二つの段階からなる。在庫引き当てを伴う正味所要量計算と、能力計算を伴う日程計画である。前者は

レベル・バイ・レベル計算アルゴリズムと呼ばれる[18, 21]。品目のローレベルコードを使うことで、最終製品の品目だけではなく、中間品目や購買品目の正味所要量計算が行われる。レベル・バイ・レベル計算が、日程計画の条件(3)「所要量の充足」を保証する。日程計画では、各品目の正味所要量を各タイムバケットで満たすために必要な作業時間を確保することを目的として計算を行う。共通部品を適当なロットにまとめることもある。このために、作業手順と生産資源のデータを用いたりその概算値を用いたりして所要能力の計算を同時に行う[16, 20]。必要ならば試行錯誤的に人手で計画の調整を行う。これによって、日程計画の条件(1)「作業順序と作業実行の整合性」と(2)「全生産資源における実行可能性」をおおむね保証する。MRP ではガントチャートの詳しさでの計算は行わないので、「全生産資源における実行可能性」を満たすための工夫として計画上の作業余裕をとったりすることで対応する。

#### 4.5 プロジェクトの日程計画

独立需要の集合に対してガントチャートのようなリソースごとの詳細作業スケジュールを作成する。PDM データを用いて、納期から作業開始の方向へリソースの使用時間をガントチャート上に配置していく。これはバックワード・スケジューリングと呼ばれる。在庫品の引当ても納期が早いもの順に同時に行う。これですべての活動が現在時点より後に配置できれば実行可能なスケジュールを得る。実行可能でなければ、現時点をスケジュール上の開始時刻として納期方向へ向かってフォワードスケジューリングする。この場合は納期が顧客の当初の希望とずれる可能性がある。顧客と交渉して納期を再設定する場合がある。このようにして得られた日程計画は3つの条件「作業順序と作業実行の整合性」、「全生産資源における実行可能性」、「全生産資源における実行可能性」を満たすことを保証する。MRP 計算より計算コストがかかる。

## 5 結論

quickIPP は、ビジネスプロセス工学や経営情報システム関連の教育において、ERP を利用する方法論を提示している。ビジネスプロセスの構造を問題にするので、実務において自社のビジネスプロセスに ERP を用いるために評価し検討す

る場合にも、ビジネスプロセスと関連させる方法を示しているといえよう。R/3は実務に適用されている標準品であり、厳格なデータモデルと、多様なパラメータを持っている。たとえば、データ間の参照関係はデータ登録時に常に厳格に守られているし、また、日程計画上の余裕のパターンを何通りか用意し、品目ごとにどれを使うかを複数指定できる。逆に多様な利用方法へ対処するために多様な柔軟性を用意する仕組みによって、ややもすれば ERP のフィージビリティスタディ作業は容易に混乱に陥る可能性がある。こうした場合に、quickIPPは適切な知識の範囲を定めることと分析実施方法のガイドとなる。

quickIPP によって、実務においては以下のような点を検討することになると考えられる：適用予定業務が ERP のどのコンポーネントに關っているのか。プロトタイプ（ERP 内部の例題企業である IDES 社）を参考にすることで自社業務が ERP ではどのように表示されるのか。ERP の他のコンポーネントが利用可能か。自社業務のやり方以外に具体的なやり方にどのようなものがあり得て、どういうデータを使用するのか。さらに、ビジネスプロセスエンジニアリングのためのソフトウェア等を利用して、ビジネスプロセスの拡張予定や変更事項を記録することもできる。こうして、quickIPP では、ERP とビジネスプロセスの整合性の検討において非常に多様な作業をグループ分けすることにより、作業が混乱しがちになることを避けることができる。

ビジネスプロセスは情報システム方法論によって分析し設計されてきた。Keller and Teufel [5]が提唱した Iterative Process Prototyping (IPP) 方法論は ERP の中の情報資源を用いてビジネスプロセスと ERP との整合を計りながらビジネスプロセスの再定義を行おうとする。本論文で提唱した quickIPP は、IPP の指摘する 6 つの ERP コンポーネントではなく、3 つの ERP のコンポーネントを使用する。つまり、参照プロセスモデル、プロトタイピング、カスタマイジングとを利用するで可能なことが実習を通じて確認された。さらに、quickIPP 実施に必要な最小で完全的な知識のモデルを、計画関連の知識ベースとして定式化した。

本論文で示した計画関連の知識ベースのモデル化は実践指向のスケジューリングの基礎を与えている。スケジューリングの善し悪しが日程計画をきめるためにスケジューリングは重要であるが、本論文の知識ベースのモデルの詳細さのレベルは、MRP ばかりでなく advanced planning system ソフトウェアといわれるようなスケジューラに適用する場合にも十分な詳細さであることをソフト



ウェアを動かすことで確認している。ゆえに、現代の情報技術で利用できるスケジューリングの方法を開発するためのもっとも粗いレベルの細かさの記述を与えていると言える。顧客からの注文変更やサプライヤからの納品予定変更に対応するリアルタイム計画技法[14]が重要となるが、本論文の計画データのモデルはその発展の基礎となる詳細さを定めている。

さらに、生産計画関連以外の問題領域ごとに quickIPP を適用するとともに、そのための知識ベースを明らかにし構造化することが将来の課題である。

## 謝辞

本研究の進める上で、多くの援助を頂いた。平成 14 年度文部科学省科学研究補助金 (no.13630132) の援助を受けた。また、SAP ジャパン(株)殿から R/3 の配信を、IDS シェアード・ジャパン(株)殿から ARIS toolset ソフトウェアを、フロントステップ・ジャパン(株)殿からスケジューリングソフトウェア SyteAPS をそれぞれ筑波大学へ寄付を受けた。さらに、日本の繊維産業における JAN コード標準化進展の取組み、ユニバーサルデザインや衣服の多品種少量生産 QR についての取材と調査にあたり関係各位に御協力頂いた。

## 参考文献

- [1] DeMarco, T, "Structured Analysis and System Specification" Prentice-Hall, 1979. (高梨智弘他訳、構造化分析とシステム仕様、日経 BP、1986)
- [2] 二村暢之、"個人対応の衣服作りのために-オーダー服支援システム", 平成 13 年度社会工学類卒業論文、筑波大学、2002.
- [3] 掘健太郎："クリティカルチェーンプロジェクト管理の ERP を利用した導入プロセス"、大学院システム情報工学研究科修士論文、筑波大学、2002.
- [4] 稲垣公夫、TOC クリティカル・チェーン革命、日本能率協会マネジメントセンター、1998.
- [5] Keller, G. and Teufel, T: R/3 Process Oriented Implementation: Iterative Process Prototyping, Addison-Wesley, 1998 (田熊博志訳、SAP R/3: プロセス指向型の ERP 導入、ピアソンエデュケーション、2000)
- [6] 森本芳生.："IPP アプローチによる ERP パッケージの導入プロセス", 大学院経営政策科学研究科修士論文、筑波大学、2000.  
(Morimoto, Y.、 <http://www.keisei.tsukuba.ac.jp/~rsato/morithesis/>、2000.)

- [7] Neubauer, R. and Hubl, M., *Documentation of business process*, Vienna University of Business Administration and Technical University of Vienna, 1997.
- [8] Newbold, R.C.: *Project Management in the Fast Lane*, St. Lucie Press, 1998.
- [9] Project Management Institute, *A guide to the project management body of knowledge*, 1996. (エンジニアリング振興協会 (訳)、プロジェクトマネジメントの基礎知識体系、1997)
- [10] 小野栄一、20年後の服-高齢者・身障者から個人対応衣服まで-、平成14年度(第33回)繊維学会夏期セミナー講演要旨集、p101-106、2002.
- [11] 小野、柿沼、半田、門脇、高齢・障害者の個人対応衣服、工業技術連絡会議・産学官地域技術交流会「第2回福祉技術シンポジウム」講演要旨集、P59-62、2000.
- [12] Page-Jones, M.: *The Practical Guide to Structured Systems Design*, Yourdon Press, 1980.
- [13] Sato, R. and Hori, K., "Developing Quick Iterative Process Prototyping for Project Management: Linking ERP and Business Process Engineering", *Proceedings of fourth international conference on enterprise information systems, Volume 2*, pp851-854, 2002.
- [14] Sato, R. and Tsai, T., *An agile production planning and control with additional purchase orders*, Institute of Policy and Planning Sciences Discussion Paper series No. 982, University of Tsukuba, 2002
- [15] Scheer, A.-W, *Business Process Engineering*, 2nd edition, Springer, 1994.
- [16] Silver, E.A., Pyke, D.F., and Peterson, R.: *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd edition, John Wiley & Sons, 1998.
- [17] 鈴木ユミ子、佐藤亮：プロトタイプを用いる情報システム分析の定式化と分析支援システムの実現、経営情報学会誌、2 - 2、pp47 - 68、1993.
- [18] 鳥羽登：SEのためのMRP、日刊工業新聞社、1995.
- [19] Tsai, T., <http://info@shako.sk.tsukuba.ac.jp/~tsai/sapmrp/index.htm>, 2000.
- [20] Vollmann, T.E, Berry, W.L., Whybark, D.C., *Manufacturing Planning and*

Control Systems, 4th edition, McGraw-Hill, 1997.

[21] 吉田一章：実践MRPシステム、日刊工業新聞社、1985.

[22] 吉田裕之、山本里枝子、上原忠弘、田中達雄：UMLによるオブジェクト指向開発ガイド、技術評論社、1999.

