

特集 生産システム設計のエンジニアリングプロセス記述とその解析*

Description and Analysis of the Engineering Process for Manufacturing System Design

スヨト ライス	光行 恵司	由良 佳之	多賀 優
Suyoto RAIS	Keiji MITSUYUKI	Yoshiyuki YURA	Hiroshi TAGA
砂金 総一郎	伴 政明	金田 清	中野 冠
Soichiro ISAGO	Masaaki BAN	Kiyoshi KANEDA	Masaru NAKANO
久保田 文子	杉村 延広	谷水 義隆	
Fumiko KUBOTA	Nobuhiro SUGIMURA	Yoshitaka TANIMIZU	

DENSO, and the other leading companies in Japan, have grown to become global enterprises. In order to maintain the control flow and smoother information exchange, and to ensure efficient engineering processes between headquarters and group companies, or other suppliers/customers, it is important to find an appropriate method to simplify the exchange and description of relevant information. To this end, we participated in a joint research program called “Intelligent Manufacturing Systems.” This program looked specially at research on the MISSION Project (Modeling and Simulation Environments for Design, Plan and Operation of Globally Distributed Enterprises). This paper describes some of the MISSION research results with a mind for achieving efficient engineering processes (EP).

To achieve efficient EP of the manufacturing system, we assumed the MISSION Product would be produced by the MISSION Factory. The EP of the MISSION Factory includes 3 engineering domains: machining line, assembly line and logistic system. Based on the conditions and requirements of the owner of the MISSION Factory, 3 engineering companies work simultaneously and are interconnected in order to complete each EP of each engineering domain. In this paper, we report on the description and analysis results of EP, and verify the utilities of the Design Agent – the navigator system of EP that has been developed under the MISSION Project.

Key words : Manufacturing system design, Engineering process, Engineering activity, Design data storage, Data interconnection, Design agent

1. はじめに

生産のグローバル化や情報技術の高度化が進展している現状では、消費者のニーズの多様化が進行し、さらにインターネットをはじめとする商品情報流通のスピードが増大してきている今日、売れ筋商品の予測は困難さを増し、かつ仮に予測できたとしても極めてその商品のライフサイクルが短い時代になってきた。このような時代に、製造業にとって市場のニーズを的確につかんだ商品をすばやく送り込めることが生命線になってきており、製品企画から量産に至るまでの開発期間の短縮が強く求められている。開発期間の短縮には、製品そのものの開発の迅速化だけでなく、生産に必要な資源である設備、人などの生産準備の迅速化が重要である。

そのためには、短期間に高精度な生産システムのエンジニアリングを行わねばならず、エンジニアリングプロセス（設計思考・行為という意味で、以下では

EPと省略）を効率的に進行させるための支援環境の整備が必要である。

本研究は生産システムのエンジニアリングの負荷・工期の削減、設計・運用品質の向上やエンジニアリングのノウハウの共有化・組織的蓄積を目的としたIMS-MISSIONプロジェクトとして行われている。本論文では、その活動成果として対象となる生産システムのエンジニアリングを実際に行いながら、そのEPを適切な方法¹⁾で記述し、EPの効率的な進行を支援する環境の要件を明確にする。また、それらの要件を満たせるような支援ツールを検討して、本プロジェクトで開発中のEPナビゲータ「デザインエージェント」のプロトタイプ²⁾を試行し、EPの支援可能性を併せて確認する。

2. EPの記述方法

本研究では以下の記述方法でEPを記述する。

* (株) 製造科学技術センター IMSセンターの了解を得て、「平成13年度IMS研究成果講演論文集」(2001.7.10-11)より転載

その記述概要をFig. 1に示す。すなわち、EPはEPフロー図として記述し、一連のエンジニアリングアクティビティ（以下ではEAと省略）から構成される¹⁾

EAはEPにおけるエンジニアリング活動の単位を表し、どのエンジニアが、いつ、どのような手順、評価手法や支援ツールを用いて、生産システム構成要素のどの属性値を決定したのかという情報で定義され、その情報をEAシートで記述する。各EAシートには参照すべき情報、設計すべき情報、設計ロジックや支援ツールを記述できる。

また、EA間には以下の関係を記述する。

- (1) 情報授受の関係：入力情報に基づき、該当EAの出力情報（設計情報）を決め、次のEAの入力情報となる関係を表す。
- (2) 順序関係：EA間の時間的な先行順序を示す。
- (3) 集約・分解関係：複数のEAからや複数EAへの設計値の受け渡し関係を表す。

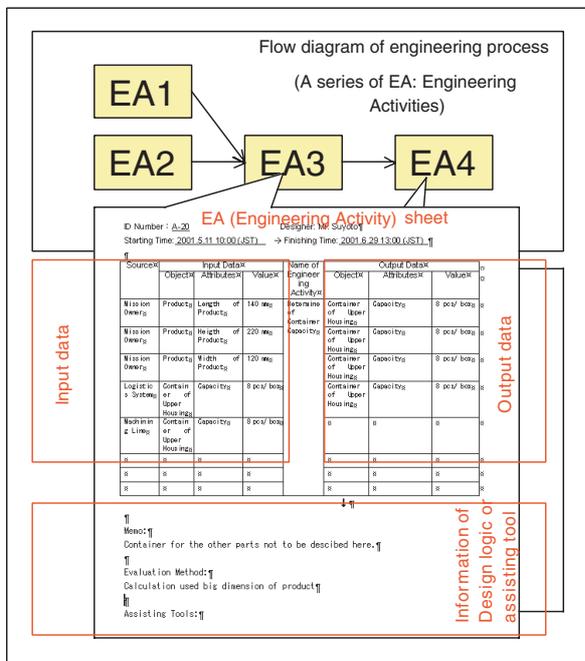


Fig. 1 Description of engineering process

3. ケーススタディ

3.1 対象

EPの進行過程および支援環境の要件を明確にするために、Fig. 2に示すMISSIONプロダクトを生産するMISSION工場を対象に、エンジニアリングを行い、EPを記述した。今回は、製品企画・設計、試作、生産技術開発が終了しており、それらの情報に基づいて、

工場内の各ラインや物流システムの仕様を決定する作業を対象とした。

また、Fig. 3に示すように、エンジニアリングを会社3社に分散して、同時に進行させた。すなわち、加工ライン、組立ラインおよび両方をつなぐ物流システムのエンジニアリングを担当する会社を決め、各社は相互に連携を取りながらEPを進行させることとした。

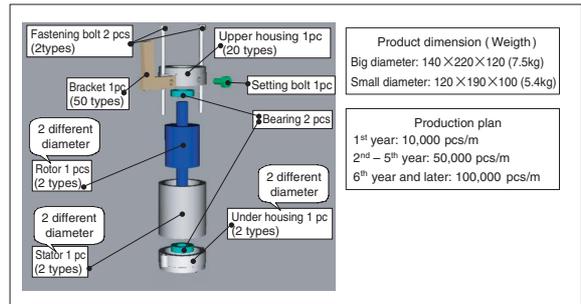


Fig. 2 MISSION Product for case study

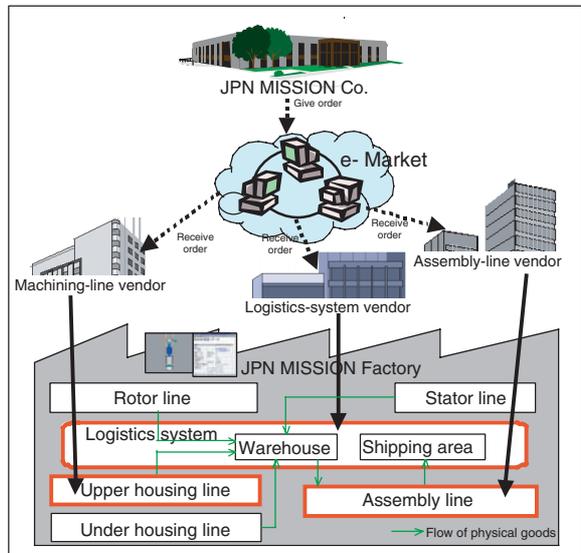


Fig. 3 Domain of engineering process for MISSION product

3.2 EPの記述

MISSION工場のオーナーから、生産量、生産比率や用地面積等の生産計画の情報を各エンジニアリング担当者に伝達され、次のエンジニアリングを行った。

(1) 加工ラインのEP

対象製品を構成する部品の一つである上ハウジングの加工ラインのエンジニアリングを行った。ここでは、加工工程やタクトなど基本的な要件の検討から、加工ラインのレイアウト図、加工工程

の内容、サイクルタイム等の機械の仕様を決定した。それらの設計値の妥当性を検証するためにはシミュレーションモデルを作成し、シミュレーションを行った。

EP進行中に、以前の設計値を確認したり、修正したりする場合があった。また、他社の設計値と相互に影響しあうような場合は、必要ときに、必要な情報だけを聞き込みながら、エンジニアリングを進行させた場面があった。例えば、加工ラインの素材搬入コンベヤや加工完了部品の搬出コンベヤの設定においては、物流システムの通い箱の寸法・重量、搬送設備や能力を参考にしながら、コンベヤの容量や寸法を決定・修正した。

(2) 組立ラインのEP

8種類の部品を組み付けるための組立ラインのエンジニアリングを行い、組立系統図、組立内容、組立ラインのレイアウト図、サイクルタイムや工程の編成等を決定した。

各設計値の妥当性の検証方法、進行過程や他社の設計値の授受は加工ラインのエンジニアリングと同様であった。

(3) 物流システムのEP

工場内における物流関連のエンジニアリングを行い、通い箱の設定、素材の供給、部品の搬送、完成品の出荷等を決定した。

各設計値の妥当性の検証方法、進行過程や他社の設計値の授受は両ラインのエンジニアリングと同様であった。

4. 生産システムのEPの記述・解析結果

前述のEPを記述した結果、下記のことが分かった。

4.1 EPの特徴

(1) 個々のEPの進行過程

各EPの進行過程をみると、EPのかなり早い段階から設計対象システムの姿がはっきりしている。このように設計値としての確信度が低く、また十分な検討が行われていない時点からも全体像がはっきりするという事は、設計で決めなければならない内容、すなわちEPを構成すべきEA、はあらかじめある程度既知であるといえる。そのため、各EAの設計精度を高めたり、設計条件の変更が生じた場合には、Fig. 4に示すように、EPを数回にわたって、繰り返すことになる。

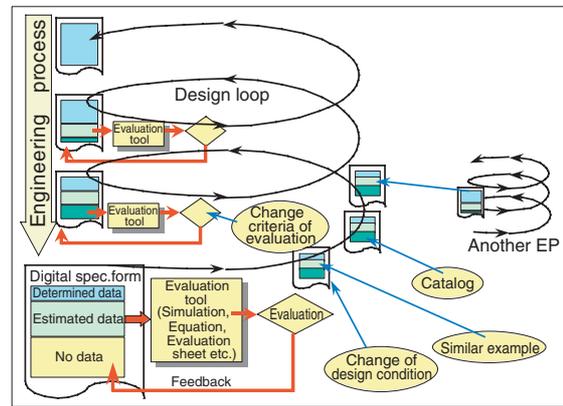


Fig. 4 Concept of engineering process progressing

上記を考慮すると、EPを進行させるには、いかにムダな繰り返しを少なくして、設計精度を高めるかが重要である。そのためには必要データを効率よく集めて評価できる形へ持っていくことおよび評価した際に得られる知見を生かしてよりよい評価結果が得られるように設計値を変えていくが必要になる。

(2) 分散環境におけるEPの進行過程

分散環境における全体のEPの進行過程をみると、Fig. 5に示すように、各社が相互に連携をとりながら、EPを同時に進められる。すなわち、加工ラインと物流システム、組立ラインと物流システム間の情報交換で見られたように、お互いの設計値が相互に影響を与えあうような場合、必要ときに必要なだけ、情報を伝えあい、エンジニアリングを進行させる。しかし、複数エンジニアが同時にエンジニアリングするので、使い慣れた支援ツールや用語で設計値を記述・伝達することは避けられず、お互いの用語の差やシステムの違いにより、コミュニケーションがスムーズに行えない場合がある。また、当然ながら、どうしても他社に知らせたくない情報が存在しており、他社へ伝達することはない。

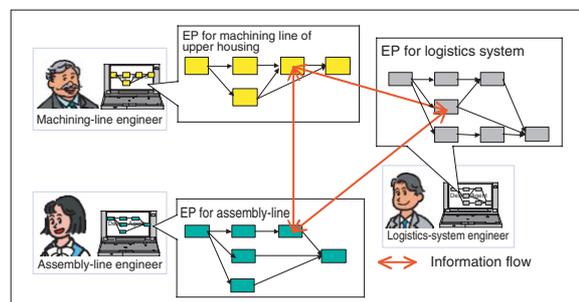


Fig. 5 Image of data interconnection between engineers

それらを考慮すると、受け渡すべき情報を確実に伝達・確認できるように生産システム要素を表す用語の統一等の整合性の保持や異なるシステム間とのデータ交換を可能にする仕組みの検討が必要である。また、通知されたくない情報に対しては、秘密レベルの設定や外部からの問い合わせ制限等の検討が必要になる。

4.2 EPを効率よく進行させるための要件

上記のEPの進行過程の特徴を考慮すると、EPを効率よく進行させるための要件は以下のようにまとめられる。

- (1) エンジニアリングの際には、過去や類似事例を参照する機会が多い。事例ベースを効率よく蓄積し、容易に利用するためには、情報の共有化・一元化が必要である。
- (2) EPの進行中に、前のEAに戻り、再検討が必要な場合があるが、その際、どのEAが影響を与えるのか、どの情報を確認すべきのかをすぐに確認できることが望ましい。
- (3) 分散環境においては、必要に応じて各社の設計値を授受する必要があるが、どの情報をいつ、どこから参照すればよいのかは個々のエンジニアの経験等に依存する。そのため、連携の部分を明確にして、参照すべき情報の入手や変更要求方法を確実にわかるように、ナビゲートする仕組みが必要である。
- (4) 分散環境では、他社の設計値を参照する必要がある一方、他社に通知されたくない情報があり、セキュリティの管理が必要になる。
- (5) 複数のエンジニアでEPを進行させるためには、各社の間にはEPの整合性を保持する必要がある、生産システム要素を表す用語の統一が重要である。
- (6) 設計値を複数のエンジニアや関係者に伝達するときに、相手が異なるシステムを利用する場合があり、データ交換をスムーズに行うためにはEPの進行中に中立的な形式で設計値を変換し、相手のシステムに伝達・処理ができる仕組みが必要である。
- (7) EPの結果の妥当性を検証するためには、シミュレーションは有効な手法であるが、シミュレーションモデルの作成工数を削減するために、EPの進行中に得る情報の有効利用を検討する必要がある。

5. EPのナビゲータ「デザインエージェント (DA)」

5.1 DAの概要

EPを効率よく進行させるためにはエンジニアリングの支援ツールが必要と考えるが、現状で開発・市販されているツールを調査した結果、EPを進行させるための前述の要件を満足するものが見あたらない。そこで、MISSIONプロジェクトでは、EPを支援・ナビゲートするツール「DA」を独自に開発した²⁾。

DAを利用すると、生産システムのエンジニアリングを行う際、EPの編集機能を利用することができ、既存の設計値を参照しながら、EPを進行させる。

5.2 DAの試行

ここでは、前述(4.2節)のEPを進行させるための支援環境の要件のうち、事例ベースの蓄積と共有化・一元化の機能を織り込んだDAのプロトタイプを試行した。

まず、DA内であらかじめ蓄積されたEPを呼び出すと、Fig. 6に示すような複数EAで構成されるEPのフロー図が表示される。この図で、エンジニアは自分がなすべき設計活動の手順を知ることができる。

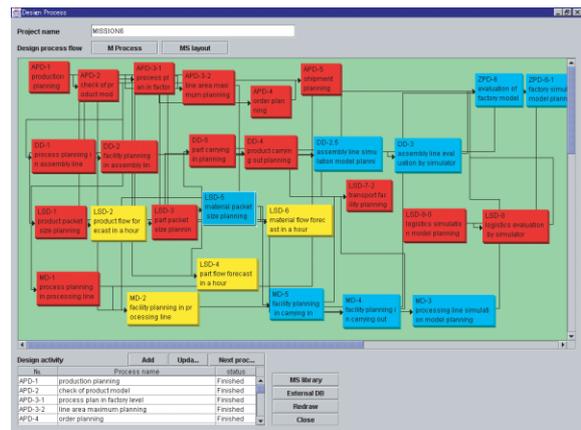


Fig. 6 Flowdiagram of EP using Design Agent

次に、処理すべきEAをクリックすると、Fig. 7に示すように、EAシートが現れ、そのEAに設計すべき項目と参照すべき情報が表示される他、画面下側には設計活動に用いる設計ロジックや支援ツール等が表示される。その表示内容を参考しながら、該当EAの設計値を決め、EAシートの出力欄に記述する。

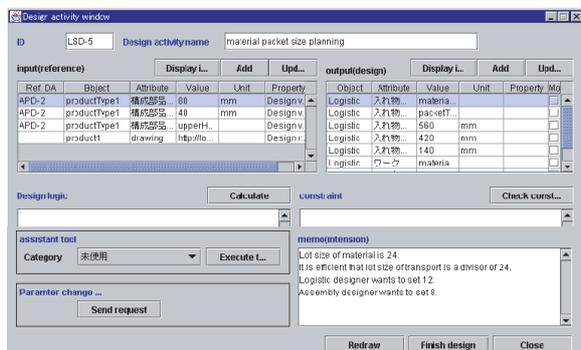


Fig. 7 Sample of engineering activity using Design Agent

こうして、DAでナビゲートされながら、EPを進行させ、エンジニアリングが完了したと同時に、設計値はすべてDBとして蓄積され、新規のEPを再び進行させるときに利用できる。

また、設計値を他社に伝達するときに、異なるシステム間でも、データのやりとりができるように、設計値を中立的なデータ形式でのXMLフォーマットの出力ができることを確かめた。

以上の試行結果により、生産システムのEPの進行をDAでナビゲートされながら、設計値の蓄積・再利用、一元化や共有化の実現可能性がみられ、DAはEPを効率よく進行させるためには有効な支援ツールであることを検証した。

6. おわりに

MISSION Factoryを題材にして、EPを記述し、その解析結果をまとめると、以下のようにあげられる。

- (1) 生産システムのエンジニアリングを実際に行いながら、MISSIONプロジェクトで考案した記述方法でEPを記述し、EPの進行過程の特徴や進行させるための支援環境の要件を明確にした。
- (2) EPを進行させるための要件のうち、事例ベースの累積と共有化・一元化および多様な仕様書の作成機能を織り込んで、本プロジェクトで開発中の「デザインエージェント」のプロタイプを試行して、エンジニアリングをナビゲートして、支援できる可能性を確認した。

<参考文献>

- 1) 谷水他：“生産システムのエンジニアリングプロセスの記述方法”，平成11年度IMS研究成果講演論文集（1999），pp.118-121.
- 2) 久保田他：“情報技術による生産システム設計プロセス支援のための研究_統合プロトタイプの開発その1_”，平成12年度IMS研究成果講演論文集（2000），pp.121-124.

<著者>



SUYOTO RAIS
(スヨト ライス)
生産技術部
工学博士
熱交換器の生産システム開発に従事



光行 恵司
(みつゆき けいじ)
生産技術部
生準プロセスの効率化・迅速化に関する研究に従事



由良 佳之
(ゆら よしゆき)
清水建設(株)エンジニアリング事業本部情報ソリューション本部
生産・物流施設内情報システムのエンジニアリング業務に従事



多賀 優
(たが ひろし)
清水建設(株)エンジニアリング事業本部情報ソリューション本部
情報・生産・物流システムの構築業務に従事



砂金 総一郎
(いさご そういちろう)
(株) 牧野フライス製作所
先行技術開発部
グローバルでアクセス可能なシミュレーション開発等に從事



伴 政明
(ばん まさあき)
マキノJ (株) カスターマ
エンジニアリング部
FMS・FTLシステムの設計や分析に
従事



金田 清
(かねだ きよし)
(株) 牧野フライス製作所
先行技術開発部
海外とのソフトウェア共同開発プロ
ジェクトに従事



中野 冠
(なかの まさる)
(株) 豊田中央研究所 デジタルエ
ンジニアリング研究室 工学博士
企画・設計の意思決定モデリングの
研究に従事



久保田 文子
(くぼた ふみこ)
(株) 豊田中央研究所
デジタルエンジニアリング研究室
企画・設計の意思決定モデリングの
研究に従事



杉村 延広
(すぎむら のぶひろ)
大阪府立大学大学院工学研究科
機械系専攻教授 工学博士
機械生産システムに関する研究に従
事



谷水 義隆
(たにみず よしたか)
大阪府立大学大学院工学研究科
機械系専攻教授 工学博士
生産システムの設計およびスケジ
ューリングの研究に従事