

情報システム構築のための 「システムズエンジニアリング」の研究

牧 野 勝*

Research of SE (Systems Engineering) for construction of information systems

Masaru MAKINO

Systems Engineering is very wide concept and technology.

In this paper, I would like to write about SE for construction of information systems.
I think that the theory of SE has following three big subject.

- (1) Technology of SD (Systems Development)
- (2) Project management
- (3) Heuman activity (Heumanware)

I would like to write this paper giving priority to Technology of SD, and make a future estimation about SE.

Nowadays SE activity is changing in netware and OPEN SYSTEM.

Open systems have technology of multivendor and DOWN-SIZING.

I will write these important TOPICS.

ま え が き

当論文では、情報システム構築のための SE (システムズエンジニアリング) について、主としてシステム開発技術面に重点を置いて論じる。

SE 活動には次の 3 つの柱がある。

- (1) システム開発技術
- (2) プロジェクト管理
- (3) 人間的（精神的）側面

つまり、この 3 つの主題について総合的に論じなければ、情報システム構築のための SE 活動の全体を網羅することができない。

しかし、当論文では情報システムの開発技術に重点を置き、他の 2 つのテーマについては別の

*経営工学科

機会に論じることにはしたい。ただし、派生的に3つのテーマの関連性等にふれることにする。

SEの技術で最近重視されているサブテーマとしてオープンシステムとダウンサイジングの問題がある。この事については当論文の随所で論じることになる。

情報システムの開発には大規模なものから小規模なものまであり、その対象となる応用システムの内容も千差万別である。

そこで、当論文では中規模の情報システムを前提とし、応用システムの内容としては一般的な企業（製造販売流通など）を前提として考えることにする。

中規模のシステムとは中堅企業の全社総合情報システムを仮定することにはしたい。

このような前定や仮定は一応の目安であり、論文の中ではもっと広く一般的技術についても論じることになる。

1. SE（システムズエンジニアリング）活動への接近

SE活動は、コンピュータおよび通信システムとそれらに応用するアプリケーション・システムまで、幅の広い技術的活動である。

そこで、システムズエンジニアリングをとりまく活動内容を整理してみると図1のような項目があげられる。

SE活動の幅としては、コンピュータ・メーカに近い基本ソフトウェアやハードウェアの関連事項からソフトウェア重視の活動およびコンピュータ・ユーザのためのシステム開発支援活動まで関係する。

ここで注意すべきことは、当論文で対象としているシステム開発技術の諸項目の他に、図1に上げたようなSE活動の(a)常識、(b)知識、(c)規則、(d)管理、(e)技術、(f)工学、(g)戦略などといった項目が存在するということである。

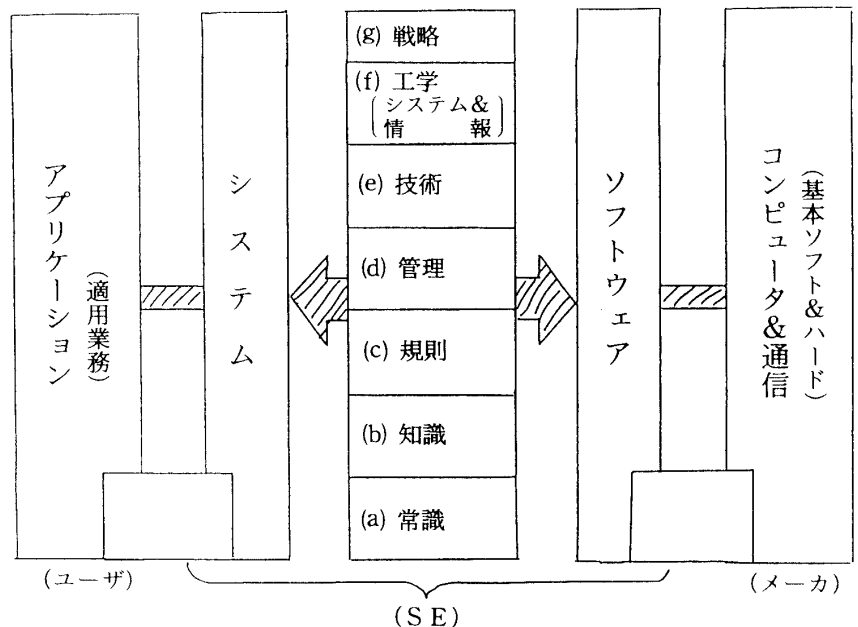


図1. SE活動の位置付け

システム開発のような実戦的技術に関しては、単独に技術のみを論じる前に、このような(a)から(g)までの項目が相互に補い合っていることを十分認識する必要がある。

例えばコンピュータに関する技術が満足されていても技術の管理面や SE 活動の規則などといった面が不十分であれば、技術が生かされない場合があり、また SE 活動の効率や経済性が阻害されることになってしまう。

逆に言えば、SE 活動の技術管理や規則がしっかりしていれば、技術そのものの効果が十分発揮できることになる。

2. システムズエンジニアリングの技術項目と SE 人材像

情報システム構築のためのシステムズエンジニアリングへの接近の仕方は、前項でも見たようにいろいろな関連項目がある。その中で、当論文の目指す“技術”に近い項目として、図 2 にあるような(a)理論、(b)技術、(c)戦略、(d)管理などが考えられる。

特に(a)理論と(b)技術とが当論文の中心項目となる。

さて、現在システムズエンジニアリングのために必要とされる技術を教育するとすれば、表 1 のような技術項目があげられる。

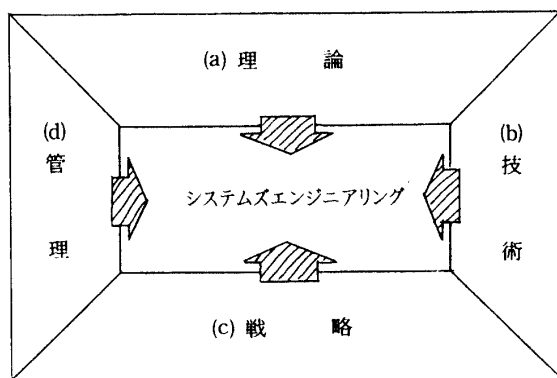


図 2. システムズエンジニアリングへの接近の仕方

現在は高度情報社会であるが、その中で技術的に最も注目を浴びているのが“オープンシステム”である。すなわち、現在はオープンシステムの時代であると言えよう。従って SE 活動もオープンシステムの技術、その流れとしてのダウンサイジングの技術が必須となる。

オープンシステムはあらゆるコンピュータ（ハードウェア/ソフトウェア）とあらゆる通信網（LAN/WAN）を結合させて、総合的な情報システムの付加価値アップをはかることである。

オープンシステムは、現在までの汎用コンピュータやオフィスコンピュータによる個別のシス

表 1. — オープンシステム時代の — SE 人材育成カリキュラム(案)

系	グループ	コース
(100) システム系	(110) 開発	(111) システム開発 (112) システム設計 (113) CASE (114) マルチメディア (115) アプリケーション
	(120) 管理 (130) 提案	(121) プロジェクト管理 (122) SE マニュアル (131) 問題解決技法 (132) システム提案 (132) コミュニケーション技法
(200) ソフトウェア系	(210) OS (220) 言語	(211) UNIX (212) マルチベンダ (含, DOS 系) (221) オブジェクト指向 (222) C++ (223) CESP (Prolog)
	(230) ソフトウェア技法 (ソフト工学)	(231) 構造化技法 (232) 信頼性&テスト
(300) ネットワーク系	(310) オンライン・システム	(311) データ通信 (312) マルチメディア通信
	(320) オープン・システム	(321) オープン・システム (322) LAN
	(330) パソコン通信	(331) ~各種
(400) 特別系	(410) 情報処理技術者	(411) ~各種試験対策

テムから、パソコンやワークステーションを総合的にネットワークで結合させるという高度な技術が必要となる。こういう技術はマルチベンダ・システムによるダウンサイジングの技術が必要となるということである。

現在まで、特定のコンピュータ・メーカは自社のコンピュータをネットワークで結合することにより、閉鎖的なシステム技術を保持し“技術的鎖国制度”をとって来た。

このような技術方式は、当該コンピュータ・メーカにとって顧客の囲い込み作戦であって有利に働くが、当該顧客にとっては各種メーカのコンピュータを総合的にネットワークキングしにくいことになって不便で不経済である。

このようなメーカ中心主義から顧客中心主義を目指すのが“オープンシステム”である。

オープンシステム時代のシステムズエンジニアリングにおいて最も重要と思われるシステム・コンセプト（システム化の理念）は“間接システム”という概念である。

間接システムとは、情報システムの開発に際して自分が作成するシステムばかりでなく、他人が作成したシステムの利用（すなわち結合）を前提としている。

社会が高度になればなるほど、間接化が進展しシステムはもはや自分が作成するというよりは既存のシステムを結合すること、そしてシステム開発の効率を上げると共に、出来上ったシステムの付加価値もより高度なものとなる。

しかし、ここで高度な社会や高度なシステムには大きな落とし穴が存在することを忘れてはならない。つまり、間接システムとは既存の完全なシステムを結合することではなく、既存の不完全なシステムを結合して完全なシステムに作り上げることを意味する。

オープンシステム時代のシステムズエンジニアリングは、各部分のシステムや技術の完全性を構築すべくダイナミックで柔軟性のある安全で総合的な技術を必要とし、他人のシステムと自分のシステムを融合させる技術が必須となる。

さて、ここで情報システム構築のためのシステムズエンジニアリングと全体像を見ることにする。図3はその全体像のアウトラインである。

縦軸にシステム開発の担当部門をとり、横軸にシステム開発のプロジェクト管理（工程）をとれば、システムズエンジニアリングの活動は、(A)業務設計、(B)システム設計、(C)ソフトウェア設計、(D)ソフトウェア製作、(E)ソフトウェア試験、(F)システム試験、(G)業務試験となる。SE活動の手順としては通常(A)→(B)→…→(G)の順に進むウォーターフォール・モデルが最もポピュラーである。その他にプロトタイピング・モデル（試作繰り返し方式）と、スパイラル・モデル（部分システム順次構築方式）とがある。

システムズエンジニアリングでは(A)→(B)→…→(G)の段階で、次のような技術が必要となる。

- (A) システム・サーベイ、要求分析、プロトタイピング
- (B) システム設計(基本設計/詳細設計)、構造化設計、オブジェクト指向設計、デザイン・レビュー
- (C) ソフトウェア設計、構造化設計、オブジェクト指向設計、デザイン・レビュー
- (D) プログラミング、構造化プログラム、オブジェクト指向プログラム

(E) ソフトウェア・テスト、
 トップダウン・テスト、ボトムアップ・テスト、ブラックボックス・テスト、ホワイトボックス・テスト（網羅テスト命令、分岐、条件）、サンドイッチ・テスト、ビッグバン・テスト
 (F) 結合テスト、ネットワーク・テスト（LAN・WAN）
 (G) 統合システム・テスト—システム運用のためのシミュレーション

ところで、(A)～(G)までに存在する各種の技術は個別に存在するのではなく図3に示したように(A)↔(G)、(B)↔(F)、(C)↔(E)の関連性が非常に強い。つまり、設計段階の技術(A)、(B)、(C)が、試験段階の技術(E)、(F)、(G)と関連することになる。ここで重要となるのは設計段階で利用される技術は試験段階の技術を見捨ててはいけないということである。

逆に言えば、試験できないような内容の情報システムを設計してはならないということである。

さらに言えば、設計段階では試験のための設計を含めて技術力を発揮すべきであるということ。

これら(A)～(G)の各種技術を駆使する情報化SE人材については、最近通産省の産業構造審議会において中間報告が行われたので参考までに新人材像と従来の人材像を掲げておく。(図4)従来の情報化人材像では5種類の人材に区分されていたが、新人材像では10種類の人材に区分され種類が倍増された。要するに情報化人材像を細分化し、より専門化することによって技術力アップをはかろうというネライが大きくなっている。さらに付言すれば、21世紀初頭における情報化人材の需給ギャップは前回予測で97万人（約100万人）であったのが今回予測では54万人に減少した。しかし何れにしてもSE人材は供給が需要にまだまだ追いついていない。

図3. システムズエンジニアリング

→ プロジェクト管理(工程)

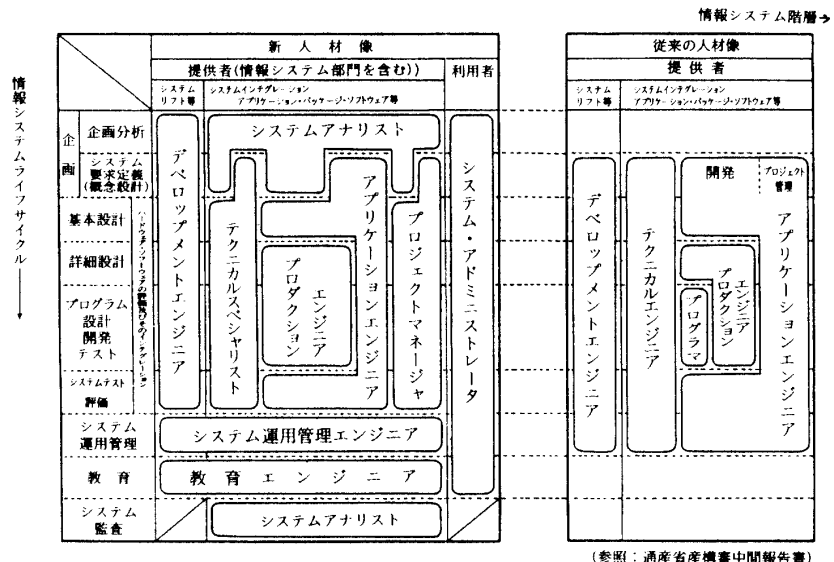
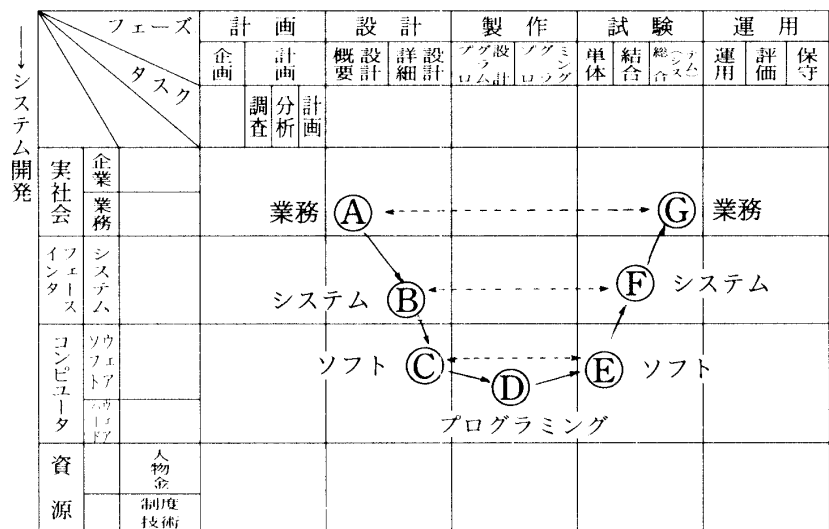


図4. 情報化人材の類型

3. SE (システムズエンジニアリング) 活動の重要ポイント

(1) SE 活動の起・承・転・結について

起・承・転・結とは、物事の進み方の時間的順序を意味する。SE 活動の起・承・転・結には二つの意味がある。一つは、SE 活動におけるプロジェクトの進み具合を管理する場合に四つの期間(計画期間, 設計期間, 製作期間, 試験期間)に区分すること。もう一つは、システム開発においてシステムを作り上げる技術的手順を表す場合に四つの段階(システム・コンセプトの確立, システム構成(構造化, モジュール化), システム・アプローチ(トップダウン・ボトムアップ, オブジェクト指向, システム統合)に区分すること。

システムズエンジニアリング活動では、技術的手順としてここで述べた四つの段階で進められる。SC (システム・コンセプト), SS (システム・ストラクチャ), SA (システム・アプローチ), SI (システム・インテグレーション) である。

第一段階の SC (システム・コンセプト) はシステム開発の目的とするシステムの“ねらい”とか“理念”であり、最も重要な段階である。この第一段階を無視して、いきなりシステム開発を開始して、出来上がったシステムが十分な役割を果さないという場合も起り得る。

第二段階は、システムの構造化であり、システム・モジュール(部分システム)の静的な確立である。第三段階は、システムのマクロからミクロへの動的展開であり、トップダウン展開(システム構造部分の上から下へ), ボトムアップ展開(細かい下の部分から上に向ってまとめる), オブジェクト指向展開などである。

第四段階は、システムの統合でありシステム開発の技術的仕上げである。

これらの四つの技術的手順は弁証法的表現をすれば理・正・反・合と言えよう。理・正・反・合が何故重要かと言うと、人間の頭脳による物事の手順とコンピュータによる情報システム構築技術の手順とはかなり異なるからである。理・正・反・合の手順を心得ないと、システムズエンジニアリングの活動が効率的に進まず、こんがらかってしまう危険性がある。

(2) SE 活動におけるマルチベンダ環境について

SE (システムズエンジニアリング) 活動の最近におけるコンピュータ・サイドの重要項目はオープンシステムすなわちマルチベンダ環境とダウンサイジングである。第2章で述べた通りオープンシステムは顧客中心主義であり、多くのコンピュータ・メーカーが作った多様なハード・ソフトをネットワークを通じて統一的に使えるシステムである。(図5)

マルチベンダ環境のハードウェアを整理してみると図5のようになる。ここでは四系統の LAN (すなわち LAN-A, LAN-B, LAN-C, LAN-D のローカルエリア・ネットワーク) を統合している。LAN を構成しているネットワーク機器は、①ケーブル, ②トランシーバ, ③ハブ, ④リピータ, ⑤ブリッジ, ⑥ルータ, ⑦ゲートウェイである。ケーブルには、同軸ケーブル, 光ケーブル, ツイストペア・ケーブルがあり、通信可能速度は100Mbps (百メガビット/秒) の高速である。リピータ, ブリッジ, ルータ, ゲートウェイは LAN 接続機器であり、オープンシステ

ムの OSI（オープン・システムズ・インターコネクション、通信制御国際標準 7 段階手順）に対応している。

④リピータは OSI の第 1 段階、⑤ブリッジは OSI の第 2 段階、⑥ルータは OSI の第 3 段階、⑦ゲートウェイは OSI の 7 段階全体に対応している。

マルチベンダ環境のソフトウェアは、UNIX ネットワーク系、PC ネットワーク

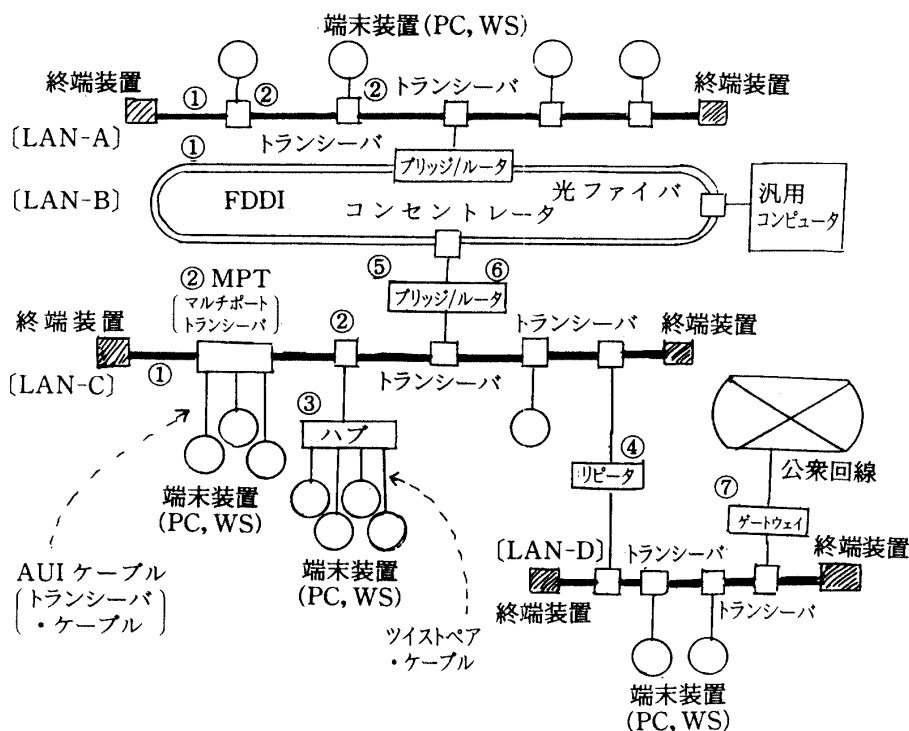


図 5. マルチベンダ環境

OS 系、そしてウインドウズ対応の各種ソフトウェアである。マルチベンダ環境のソフトウェアは統合することによって目的が達せられる。現在、すでに各種ネットワークはソフトウェア統合されているが、条件付き統合であり、ハードウェアの種類と通信制御手順と通信回線機器の種類によって統合化の満足度が異なる。また、マルチベンダ環境はマルチメディア環境と結合することによって統合化が完成する。これもハード/ソフトの融合がまだ部分的である。

マルチベンダ環境のシステムズエンジニアリング活動は、従来型のウォーターフォール・モデルではシステム開発は無理であり、プロトタイプ・モデルやスパイラル・モデルが必須となる。要するにマルチベンダ環境を実現するには、現時点では条件付きにならざるを得ない。

(3) SE 活動におけるアプリケーション・システム事例

システムズエンジニアリング活動ではアプリケーション・システムを完成することが最も重要な活動である。ここではアプリケーション・システムの研究を十分に論じられないので、統合化生産管理情報システムに関する事例を図 6 に掲げておく。（マルチベンダ環境）

4. システムズエンジニアリングの将来像（あとがきにかえて）

情報システム構築のためのシステムズエンジニアリングについては現在既に多くの先端技術的方法が採用されている。すなわち、AI 技術、CASE 技術、第 4 世代～第 6 世代言語、そして多くのアプリケーション・システム・パッケージ等である。

中でも CASE（Computer Aided Software Engineering）は数多くのツールが販売されており、上流工程用の計画管理システムから中流工程用のシステム設計・プログラム製作システム、下流

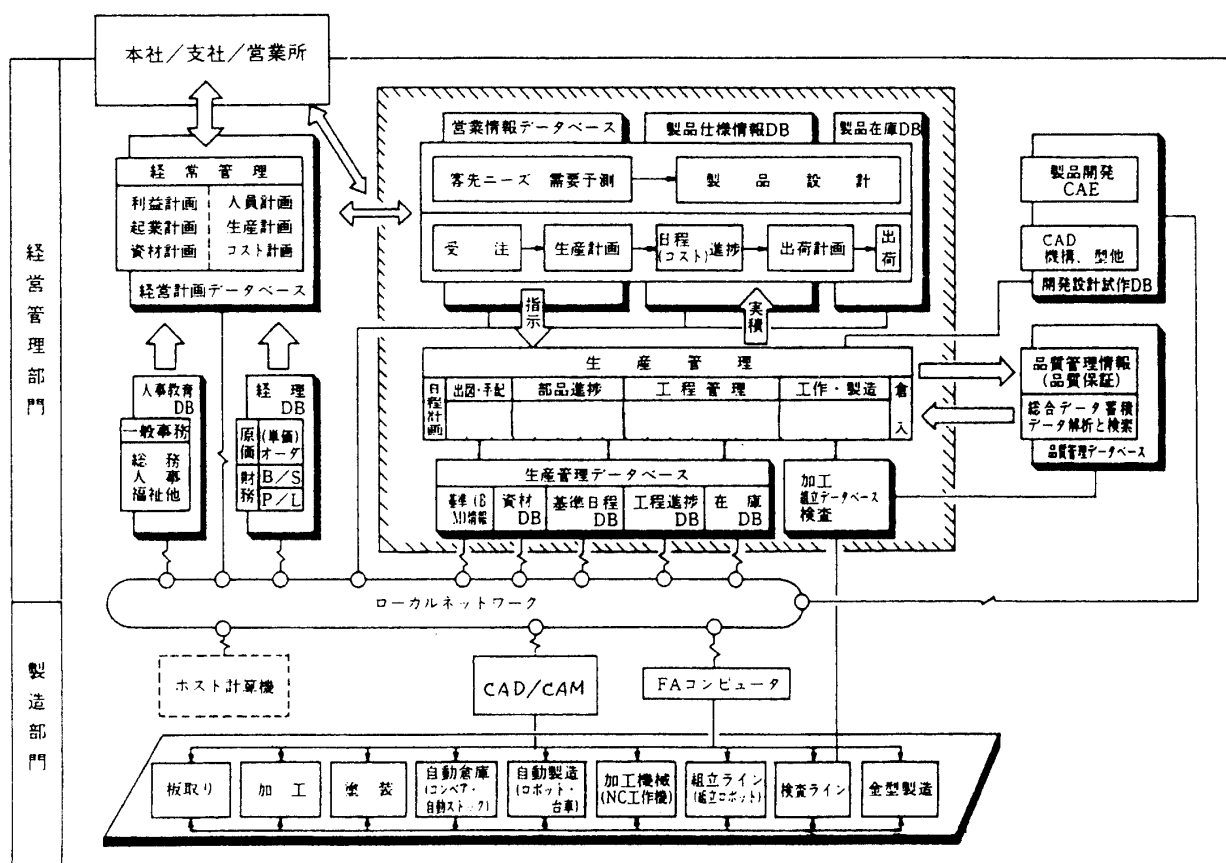


図6. 統合化生産管理情報システム

工程用のソフトウェア試験システムおよび全体を網羅する統合化CASEまでである。

将来像としては、AI技術、CASE技術、第4世代～第6代言語、などが融合されたシステムズエンジニアリングの高度な技術・便利な技術が生まれるだろう。その中には当然学習効果としてのアプリケーション・システムも含まれて、システム開発の効果と便利さが期待される。

参考文献

- 1) 佐藤・牧野：「実践型SE育成の鍵」，日科技連出版，1992。
- 2) 井上・牧野：「SE教育シリーズ No.2，SEの活動」，工学研究社，1993。
- 3) 中原・加藤：「システムズエンジニア・ハンドブック」，オーム社，1991。
- 4) Von Bertalanffy：「一般システム理論」，みすず書房，1990。
- 5) A. P. Sage, J.D. Palmer：「Software Systems Engineering」，J. Wiley，1990。
- 6) G. W. Jones：「Software Engineering」，J. Wiley，1990。
- 7) 富士通㈱：「システム開発標準 SDEM 概説書」，富士通㈱，1990。

（平成5年10月25日受理）