

特別論説

情報処理最前線



コンカレントエンジニアリングは役に立つか†

加藤 光 幾†† 石川 博††

1. はじめに

企業はユーザに対してそのニーズにあった製品を、高品質かつ最短時間で提供することを近年ますます強く求められている。

従来の製品開発は企画から設計、製造、保守に至る一連の開発工程を直列的に行っている。しかしこの方法では高品質な製品を最短時間で開発するのは難しい。すなわち、ある段階の工程に関する情報が他の工程から見えにくく、下流工程に入ってから問題が表面化してフィードバックが生じやすいが、下流工程になるほどフィードバックが生じたときに対処するための時間がかかるからである。

従来の直列的な開発工程と異なり、コンカレントエンジニアリング (Concurrent Engineering; CE) は、「製品およびそれにかかわる製造やサポートを含んだ工程に対し、統合されたコンカレントな設計を行おうとするシステムチックなアプローチである。このアプローチは、品質、コスト、スケジュール、ユーザの要求を含む、概念から廃棄に至るまでのプロダクト・ライフサイクルのすべての要素を、開発者に最初から考慮させるよう意図されたものである」。(IDA (Institute for Defense Analyses) Report R-338)¹⁾。

CE で重要視するのは以下の2点である。

●初期段階での検討を尽くす。すなわち製品開発において不備な点が見つかり変更を行うと、開発の後期になるほど深いフィードバックが生じ、やり直しに時間がかかる。この時間的損失を未然に防ぐため、製品開発の初期段階で問題点を洗いだし、深いフィードバックが生じないように検討

を尽くす。設計期間の最初の5%で製造コストの70~80%が決定するとも言われている²⁾。

●並列性を引き出す。すなわち前工程が完了する以前から情報を入手し、前工程と並列して仕事を行うことにより、全体の工程を短縮する。

開発の初期段階であらゆる方面から検討を尽くすためには、企画部門、設計部門、製造部門などが部門を越えて協力する必要がある。工程の初期段階では仕様変更が頻繁に起こるが、それらは浅いフィードバックであり、下流工程には影響を与えない。初期段階で問題を洗いだし対処することにより、検査工程、製造工程に入ってから深刻な問題が発覚するのを未然に防ぐことができる。

比較のため従来の直列的な製品開発の流れと、CEを導入した製品開発の流れを、図-1に示す³⁾。設計の変更量という点から両者を比較すると、直列的な開発では、下流工程に入ってから生じる問題を解決するために変更量がなかなか減らず、それらが深いフィードバックを生じるため、工程が遅れやすい。一方CEでは、開発初期に検討を尽くすため、上流工程での変更は多く生じるが、下流工程では変更量が急速に減り、トータルの工程が短縮することが期待される。

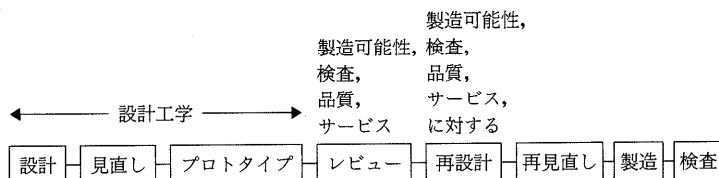
米国においてCEを産み出す元になったCALs (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) はDoD (Department of Defense) の戦略構想で、当初CALsは軍事におけるペーパーレスから始まったが、その拡張として(企業間でのネットワークを介した情報交換も含む)製造の全工程においての生産性を向上する手段として使われ、さらにその思想がCEへと発展している。CALsの技術はCEにおける情報インフラの一部と位置付けることもできる。

CEに類似の思想としてBPR (Business Process Reengineering) がある。BPRは、Hammer

† Is Concurrent Engineering Useful? by Koki KATO and Hiroshi ISHIKAWA (Computer Network Systems Lab., Fujitsu Laboratories Ltd.).

†† (株)富士通研究所情報網システム研究部

Serial Engineering



Concurrent Engineering

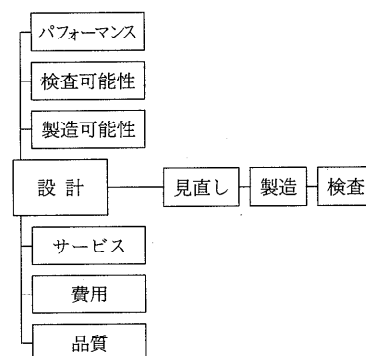


図-1 直列的な製品開発と並列的な製品開発 (© 1991 IEEE)

と Champy の定義によれば「コスト、品質、サービス、スピードのように重要かつ今日的なパフォーマンスの基準を劇的に改善するために、ビジネスプロセスを根本的に考え直し、これを抜本的に作りなおすこと」であり⁴⁾、また小林は「顧客指向を前提として、業務プロセスの革新、情報技術の活用および組織の改革という3つの構成要素間のダイナミクスを適応的に制御すること」と定義している⁴⁾。

これらの定義と CE を比較すると、(コンピュータ支援の) CE は製造業において BPR を具体化したものと捉えることもできるだろう。しかし BPR が一時期の流行語になるほどのブームになり注目されてから程なく沈静化したとも言われている⁴⁾のと異なり、CE は将来企業同士が必要に応じてネットワークを介して連携・協働する仮想企業 (virtual enterprise あるいは virtual corporation) を構成し社会の変化にすばやく対処するための手段として、今後段階的ではあるが確実に導入されていくと考えられる。

以下では、「CE は役に立つ」という視点で、CE の特徴と日本における CE の例、CE をコンピュータ支援するためのツール、それらの段階的な導入について述べる。

2. 日本における CE の取組み

ここでは CE の特徴について述べ、日本での CE への取組みを簡単に紹介する。

CE の特徴をまとめると、次のようになる。

●顧客のニーズにあった製品をできる限り短時間で開発する。

●開発にあたって、柔軟なチームを構成し協働 (collaboration) 作業を行うと共に、仕事を並列に行う。

●製品企画からサポートに至るまで、製品のライフサイクルのすべての工程が CE の対象である。

●統合された製品開発を行うためのシステムマチックなアプローチである。

●コンピュータ化による作業支援を重視する。

CALS から発展してきた CE では、システムマチックなアプローチとして企業全体での情報共有を核とする電子化を行う。CE は電子化として特に次の3点に注目する。

●情報共有。すなわち部門間で作業を効果的に行うために、情報を共有し必要な情報を簡単に取得する手段を提供する。また、CE ではデータを完全でない状態で他部門に公開するため、データのバージョンを管理し情報を把握する。

●ツール間連携。すなわちツール間のデータ交換を人手を介さずに行うことにより、時間を短縮し、ミスを防ぐ。

●ワークフロー管理。すなわち作業の並列度を高めるために、データの管理と連動したワークフローの管理を行う。

以上に述べた電子化の点から、CE への米国と日本での取組みを比較してみる。

CE が米国で起こった背景には、先に述べたように製品開発期間を短くする必要があったことがあげられる。米国企業では従来、個人ベースあるいは機能ごとの部門で職務を担当する傾向があると言われている。たとえば電子機器メーカーでは設計グループが設計を終了した後、製造データを

部門の「壁」ごしに製造ラインに渡す。製造側では製品が本当に製造できるかを確認でき、確認してから初めて製造を開始する³⁾。この方法では、他の部門で何が問題か、あるいは何が重要でないかを知らないため、再設計が生じるなどの問題があり、製品開発期間の短縮が難しい。

開発期間を短縮するためには、部門の壁を越えた協働作業と情報共有により、従来の直列的に行う開発方法から CE の並列的な開発への移行が必須であった。担当者が部門間で協働作業を行うだけで大幅な改善が見られたケースも報告されている^{2),3)}。米国ではすでにネットワークを始めとする情報インフラが普及しているため、CE とそれにあつたツールを導入し急速に CE を立ち上げることが可能である。

一方日本では、CE 的な考えはすでに国内の企業で、ある程度実施されている事柄であり、日本の企業にとっては特に珍しくはない。たとえば QC 活動などによる部門の垣根を越える協働作業も CE の実現の一種と言えるだろう。

しかし、システムチックなアプローチという点から業務の電子化の現状を見ると、

- 全プロダクトライフサイクルを考慮した生産の最適化がされておらず、電子化が簡単なところや即時に効果の上がることから導入されている。

- ツール間の連携がとれていない。

- システムやソフトウェアの構成が整理されていないため、機能の増強、成長が困難である。

- 情報の伝達がまだ紙ベースであることが多い。

- ドキュメントの電子化と一貫性の管理、ドキュメントと設計データなど他のデータとの関係付けが不十分である。

- 製品コストに大きな影響を与える設計の初期段階に対応する計算機支援が重要視されていない。

- 関係部署からのフィードバックはあるが、それを積極的に使っていない。

などの問題があり、十分に生産性が高いとは言えない。

CE に対する国内企業の関心がまだあまり高くない中で、先進的に CE を実現している例として日本ヒューレット・パカード (HP)²⁾と、情報共有化を進めている花王⁵⁾の取組みを紹介する。

HP では MPN (Manufacturer's Productivity

Network) として 1984 年から CE システムの構築に取り組んでいる。特に PCB (プリント基板) プロセスで情報がより効率よく流せるように技術情報データベースを設けている。これにより、回路の一次設計とパーツリストが完成した時点で下流工程が並列に作業を始めることができ、設計が熱特性などの詳細検討をしている間も製造工程などから設計ファイルを参照できる。また設計が完了する前に PCB レイアウトグループが一次設計をより生産性が高くなるように変更する。効果として、市場に出すまでの時間が 30%削減され、技術系の生産性が 36%向上したと報告されている。

一方花王では、CE よりも BPR に含まれるかもしれないが、情報共有を核とする生産性向上を行っている。花王では全社員がアクセスできる共有データベースを設け、データの一元化を図っている。今までは販売・マーケティング・生産などの個々の業務に対応する情報システムがそれらの業務の最適化にとどまっていたが、共有データベースにより業務の壁を越えた情報の共有化が行え、消費者の生の声など必要なあらゆる情報をリアルタイムに入手できるようになる。これにより、今までは情報不足のため困難だった分析・意思決定などのプロセスの質が向上するなど、企業活動全体の最適化に結び付けることができる。

3. 役に立つ CE とは

CE を機能させ役に立つものにするためには、協働作業を行うための情報共有と、並列に作業を行うためのワークフロー管理、および作業支援のためのツールの連携が重要である。以下ではそれらについて概観する。

(a) 情報共有管理

情報の格納・検索に使われるデータベースは現在のところリレーショナルデータベースが主流である。しかし CE では設計データなどの複雑な構造を持つデータや、協働作業や情報の効果的な伝達に有効なマルチメディアデータを扱うため、それに適したオブジェクト指向データベース (OODB)^{6),7)}が用いられると考えられる⁸⁾。情報共有管理の代表的な課題としては、次のものがあげられる。

- 永続的データの一貫性保証。ネットワークで

結合された分散環境上に存在する永続的データに矛盾が生じないように管理する。

- メディア管理。動画、音声、テキストなど異なる特性を持つメディアの格納管理を行う。マルチメディアを扱う上で、マルチメディア OS との連携が不可欠である。

- アクセスの同期性。電子メールなどの非同期的コミュニケーション機能、共有黒板などの同期的コミュニケーション機能を提供する。

- セキュリティ。ネットワーク経由で様々な情報が入手できるようになると、情報が知らない間に流出する危険性があるため、アクセス制御を行い関係者には必要な情報へアクセスしやすくすると共に、アクセス権限を持たない者への情報流出を防ぐ。

- 外部のデータベースとの連携。外部の機関が提供するデータも含め、ユーザに一元的に見せる。

- 事例ベース推論。将来はデータベースと連動して、蓄積された過去の経験や事例（失敗例も含む）に基づき現在の問題を解決するための事例ベース推論も使われるようになって考えられる。

- 変更の伝播。仕様などのドキュメントが変更されたときに、それに関係するドキュメントあるいは担当者へ変更を通知する。

(b) ワークフロー管理

ワークフロー管理は CE とは独立して開発が進んでいる技術であるが、CE をコンピュータで支援するための中核の 1 つである。

ワークフローはいくつかのタスクから定義されたプロセスにしたがって、ユーザの作業フローを管理する。ワークフロー管理の目的として、次のものがあげられる。

- 開発プロセスを明確に定義し、運用実績を記録・評価し、改善を図る。

- 業務を、データベース+アプリケーション+ワークフローで構成する。

- 業務の流れを分析、評価、問題点を抽出し、業務の再構築をするための手助けをする。

- アクションの管理ツールとして、グループウェア的に利用する。スケジューリング機能も含まれる。

ワークフローを CE で用いる場合、作業フローを並列に走らせることと、並列に行うために必要なデータの管理が重要である。並列に作業を行う

ために、他工程でまだ確定しておらず変更される可能性がある情報を用いる場合もある。作業を無駄なく行うには、用いる情報がほぼ確定しており大きな変更がないのか、あるいは今後も変更されるのかを把握しておく必要がある。そのためワークフロー管理でフローを指示すると共に、作業で用いるデータの確定度のような指標を示す機能も必要であると考えられる。

ワークフローを柔軟に運用し使いやすいものにするために必要な機能としては、例外的な状況に柔軟に対処するための動的なプロセス変更、階層的プロセス記述、動的な役割決定、GUI を用いた使いやすいインターフェース、などすでに実現されている機能があり、またプロセスの日程管理支援、プロセスとドキュメントデータの関連付けによる検索支援、などが検討課題としてある。

(c) ツール

作業の種類により、CAD/CAM、CASE、ビデオ会議ツール（遠隔地との協働作業を支援する）、発想支援ツール、スケジューリングツール（生産計画の立案を支援する）、などが用いられる。このうち、今まであまり用いられていなかった、発想支援システムについて述べる。

CE を実現するためには企画、あるいは概念設計など上流工程で十分に問題点を洗い出す必要がある。そのため上流工程における知的生産性の向上が不可欠である。発想支援システムは創造的な問題解決・思考過程を計算機を用いて支援する技術であり、アイデアを膨らませ広げていく発散的思考と、アイデアを関係付けまとめていく収束的思考の二種類の思考過程を支援する。

CE においては、発散的思考システムが上流工程において限られた時間で関連情報を網羅的に集め、アイデアの収集・問題点の洗い出しを行うのに用いられる。そして収束的思考システムが得られたアイデア・問題点を分析、整理するのに用いられる。

CE システムを構築する際に重要なのは、以上に述べた機能が独立しているのではなく、情報リポジトリを中心として互いに連携をとるようにすることである。また、ツールが備える API (Application Program Interface) を用いて業務に合うようにカスタマイズでき、カスタマイズに要する変更を最少にすることが求められる。その

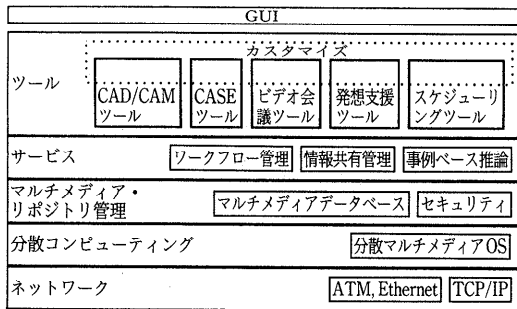


図-2 CEシステムの階層構造

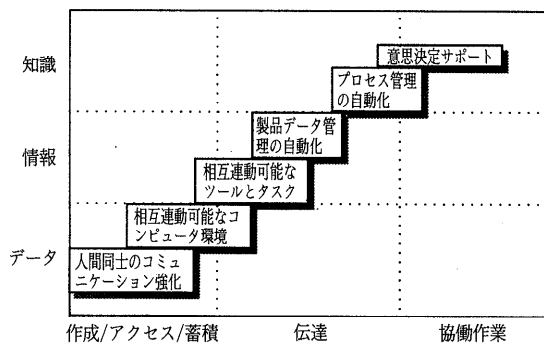


図-3 コンピュータ支援導入の段階

ため API が公開されているオープンなインタフェースを持つツールを用いた、データベースを核とするフレームワークとして構成される。図-2 に CE システムの階層構造を示す。

4. CE システムの構築

CE を実践する環境を構築するには一般に、システム全体を一度に改革するか、徐々に移行するかの 2 つのシナリオが考えられるが、ここではコンピュータ支援の段階的な導入について述べる。

CE 環境をコンピュータで支援・強化するロードマップとして、D. E. Carter は 5 つの段階を提案している²⁾。ここではコンピュータを導入する以前の段階としてステップ 0 を追加し、CE 環境を段階的に導入する手順を説明する (図-3)。

●ステップ 0: 人間同士のコミュニケーションの強化

コンピュータのツールを導入するのに先立ち、開発メンバー間の相互連携を強化する環境を作っておくことが必要である。組織間の垣根を低くし、開発の初期段階で問題の洗い出しを行う。

●ステップ 1: 相互連動可能なコンピュータ環境

の導入

コンピュータ、データベース、ユーザインタフェースとの相互連携を強化する。そのために次の環境を実現する：

- ツールとデータベースが共通のネットワーク上で通信できる。

- 同一のデータがすべての人から使える。

- 通信の仕方やフォーマットが共通で、情報に一貫性がある。

●ステップ 2: 相互連動可能なツールとタスクの導入

ステップ 1 の延長として、ツールとそれに関連するタスク間の連携を強化する。そのためには積極的に標準を採用することが重要である。オープンフレームワークとしてのツール群を用いることで、標準・ツール・タスクを CE 環境に統合する手間を減らすことができる。また、企業外で提供されるデータの取込み、あるいは他企業と連携し仮想企業を構成する場合にも標準に基づいた共通のインタフェースが必要になる。たとえば CFI (CAD Framework Initiative) のように、複数の CAD ベンダの製品が他社の CAD 環境と通信できる仕組みを設けることで、ツール間の連携を強化し、データを使いやすくすることができる。フレームワークでは、データモデルが一貫性を持ち、ツールが CE を促進するための十分な柔軟性を持っていることが求められる。

●ステップ 3: データ管理の自動化

ステップ 2 を発展させ、開発中に頻繁に生じるデータ、変更、特別なイベント、を設計データに反映させる。

設計データ管理システムは、MIS (Management Information Systems) など公開 (released) データに対するものと、非公開 (unreleased) データに対するものからなる。

CE でより重要な非公開データ管理には、基本的なタスクレベルデータの管理と、混成チームの協調支援がある。基本的なタスクレベルデータの管理では、作業中のデータの履歴情報に関する管理と更新を行う。データがツールなどからアクセスされたときは、最新のバージョンが使われるように管理する。また CE で頻繁に行われる、代案とのトレードオフの分析や変更効果の調査、データを元の状態に戻して他を検討するなど、設計段階

での大量の変更を管理する。一方、協調支援には、承認された作業中のデータを他チームと共有するための作業領域、他へ影響を与えずに一時的に変更する機能、などが含まれる。

ステップ3までを実現すると、設計変更により顧客の満足度が増したかを即座に確かめることができる。

●ステップ4: プロセス管理の自動化

初期の設計フェーズで、エンジニアが製造可能性や試験可能性など、下流の開発工程を検討する手段を、より自動化する。

プロセス管理は設計オプションの選択支援、タスクやプロセスの流れの改善、全体の効率に一番影響のあるプロセスの把握などの機能を持つべきである。これにより全体の開発工程を量・質ともに理解・把握し、企業をより競争力を持つものとすることができる。

●ステップ5: 意思決定のサポート

チームのメンバが日常行う意思決定を支援し、変更点の追跡とそれが作業に与える影響の評価、プロセス管理と共に用い、どの要求が満たされたか否かと、次のメンバやツールに渡す前に設計が完全にそれぞれの要求にあっているかの確認などをサポートする。

CEを段階的に導入するには、オープンなツールを用いて、後の段階を構築する際にそれまで構築したものを変更しなくて済むように展開すべきである。そのためにはオープンなフレームワークを核として導入していくことが必要である。

5. おわりに

ビジネスチャンスを活かすためには製品を短期に開発することが必要である一方、製品はますます複雑になり、1つの企業が製品開発のすべてを行うのが難しくなりつつある。そのため今後は企業同士が得意な分野の(企画, 設計, 製造などの)開発段階を担当しながら協働する形の製品開発が行われていくと考えられる。これらはネットワークで結合された仮想企業を構成する。

CEは国家の戦略としても重要である。いくつかの国でNII(National Information Infrastructure)計画が発表されているが、たとえばシンガポールではシンガポール版NII(IT 2000と呼ばれる)を推進しているNCB(National

Computer Board)がIT 2000におけるネットワークで統合されたデータベースおよびそれを核とするCEシステムを発表している⁹⁾。このCEシステムを用いて、国内の中小も含む企業をネットワークで結合し、共通の製品データベースを用いてリアルタイムに企画から保守までを行う仮想企業として構成することを目標の1つとしている。

日本の企業で従来から行われてきた協働作業がCEの考えにつながったとも言われている。企業が競争力を失わずに着実に発展していくためには、CEのコンピュータ支援という点から企業活動を見直し、CEを役立たせていくべきである。

謝辞 富士通研究所マルチメディア研究所CEシステム検討会のメンバに感謝します。

参 考 文 献

- 1) Carter, D. E. and Baker, B. S.: Concurrent Engineering: The Product Development Environment for the 1990s, Addison-Wesley (1992). 邦訳は、メンター・グラフィックス・ジャパン訳: コンカレントエンジニアリング, 日本能率協会マネジメントセンター (1992).
- 2) Carter, D. E. and Sullivan, T. N.: Concurrent Engineering: Best Practices for Global Success Volume Two, Mentor Graphics (1994).
- 3) Rosenblatt, A. and Watson, G. F., editors: Special Report: Concurrent Engineering, IEEE Spectrum, Vol. 28, No. 7, pp. 22-37 (July 1991).
- 4) 小林重信: BPRにおけるAIの役割, 第26回人工知能セミナー講演テキスト, pp. 1-5 (Sep. 1994).
- 5) 特集1 花王のリエンジニアリング, 日経情報ストラテジー, No. 34, pp. 42-75 (Jan. 1995).
- 6) Ishikawa, H. et al.: The Model, Language, and Implementation of an Object-Oriented Multimedia Knowledge Base Management System, ACM Trans. on Database Systems, Vol. 18, No. 1, pp. 1-50 (Mar. 1993).
- 7) 石川 博: オブジェクト指向データベースの基本概念と主要機能, 日経インテリジェントシステム別冊「オブジェクト指向データベース」, 日経BP社, pp. 28-53 (1994).
- 8) 石川 博, 泉田義男, 川戸信明: エンジニアリング業務支援とオブジェクト指向データベース, 情報処理, Vol. 32, No. 5, pp. 593-601 (May 1991).
- 9) Sng, D. C. H. and Yap, M. K. S.: Concurrent Engineering Environments for the Manufacturing Sector on the NII, Information Technology -Journal of SCS, Vol. 6, No. 1, pp. 97-106 (Sep. 1994).

(平成7年3月14日受付)



加藤 光幾 (正会員)

1962年生。1986年横浜国立大学工学部情報工学科卒業。1988年同大学院電子情報工学専攻修士課程修了。同年(株)富士通研究所に入社。マルチメディアデータベース、ハイパーテキスト、高速ネットワークに興味を持つ。電子情報通信学会会員。



石川 博 (正会員)

1956年生。1979年東京大学理学部情報科学科卒業。同年(株)富士通研究所入社。以来、データベースシステム(リレーショナル、オブジェクト指向、アクティブ、マルチおよびマルチメディアデータベース)とその応用に関する研究・開発に従事。1992年東京大学理学博士。1994年本会坂井記念特別賞受賞。著書「Object-Oriented Database System」(Springer-Verlag)。本会学会誌編集委員会SWG主査、本会データベースシステム研究会幹事。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。

