

# 特集 | コンカレントエンジニアリング\*

## Concurrent Engineering

宮田 修 土屋総二郎 松山方大  
Osamu MIYATA Soujirou TSUCHIYA Masahiro MATSUYAMA

Concurrent engineering is supposed as the activities that product designer mainly concerned. For this reason, the production engineer's role tends to be unclear. But it is the active participation of production engineer that leads to the success of concurrent engineering, indeed. In this article, how do the production engineers in DENSO deal with concurrent engineering and what kind of a tool do they use are described.

**Key Words :** Concurrent Engineering, Production Engineering,

### 1. はじめに

当社では、自動車のモデルチェンジの周期に合わせ、高品質・高信頼性の製品を開発し、長期安定的に魅力あるコストで顧客に提供するために、特に源流に遡った研究開発段階からのコンカレントエンジニアリング活動に取り組んできた。この活動は、単に情報処理技術を活用するだけではなく、Fig. 1 に示すように、組織・運用面と、技術・環境面を両輪とした取り組みを特徴としており、今回はコンカレントエンジニアリング活動を特に生産技術の視点から紹介する。

### 2. コンカレントエンジニアリングの概要

自動車部品メーカーとして、当社は半導体などの小物部品から一体型エアコンシステムなどの大物システム製品に至るまで品番数で16万種以上におよぶ多種多様な製品を製造しており、これらを魅力あるコストでタイムリーに顧客に提供していくためには、製品開発部門だけでなく生産技術部門に代表される生産準備部門の果たすべき役割は非常に重要であると考えている。

生産技術部門は製品の企画・開発段階から生産に至る製品開発業務のライフサイクルにおいて、最適製品を成立させるために不可欠な生産技術の提供と、効率の良い生産システムを構築するために不可欠な生産技術の提供の大きく二つの役割を担っている。前者は、新材料、表面処理、高精度加工などのための生産技術であり、飛躍的に性能を高めた新製品の開発、高信頼

性の実現により製品開発部門を支援する。後者は、高速加工、自動化などのための生産技術であり、スケールメリットを活かした量産自動化ライン開発による低コスト長期安定供給などのために設備設計部門の支援を行う。

両者は相互に関連しあうことで、さらなる品質、コストのレベルアップが短期間で可能であり、当社ではこれらの関連部署が一丸となった活動を積極的に行っている。なかでも品質やコストを上流で作り込むことが大きな効果を生み出すとの基本的な考え方に立って、生産技術部門および設備設計部門が研究開発段階から積極的に参画する次期型製品研究会という会議体を中核とした組織活動を1970年代より開始し、拡大してきており、大きな成果をおさめている。

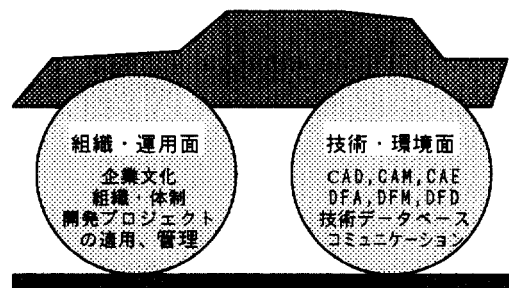


Fig. 1 The success of concurrent engineering depends on the proper function of organizations, administrations and technologies, environments like the wheels of a automobile.

\*日経BP社、「デジタル・ファクトリー」1997, No. 2 より転載

次項からは、組織、運用面でのこの次期型製品研究会の紹介と、それを支援する技術として Fig. 2 に示すようなツールを開発、活用している中から、製品開発の早い段階から作り易さを考慮するための組み立て評価法、トランスファーラインの稼働解析のためのシミュレーションシステム、冷間鍛造・プレスといった加工における CAE を紹介する。

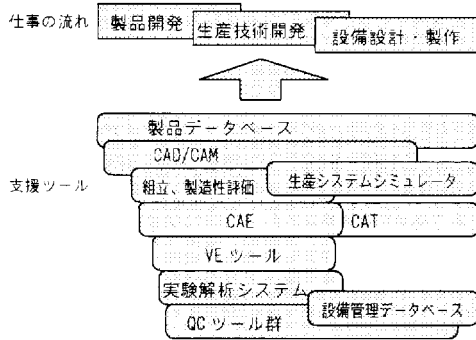


Fig. 2 The realization of concurrent engineering requires a lot of tools. DENSO prepares most of them by itself.

### 3. コンカレントエンジニアリングを実現するための仕組み

#### 次期型製品研究会

前述のように製品開発においては、その開発の着手から量産開始までのプロセスが重要である。

開発のプロセスは、企画から製品開発、生技開発、設備開発と各ステップが完了して次へ進むといった方法が一般的である。しかし、この方法では各ステップの連携が弱く、開発期間も長くなってしまふ。

これに対し早い時期から、次工程・次々工程に情報を流し、その準備作業を始め、開発に参画していくやり方は、開発期間短縮に有効であるとともに、開発レベルの面からも良い方法であると言える。このやり方の実際を Fig. 3 に示す。製品開発・生技開発・生産準備などの各プロジェクトはそれぞれ連携し、一貫して活動していくことが重要であり、当社では「次期型製品研究会」と呼ぶ会議体を中心とした組織で運営している。

この開発組織では、各製品分野を担当している事業部（それぞれが設計、生技、製造機能を持つ）が縦軸を担当し、一方横軸は本社機能部（基礎研究、材料・生産技術開発、工機機能などが含まれる）が横断的に担当するマトリクス組織となっている。これらの縦・横の組織がプロジェクトを作り活動する。

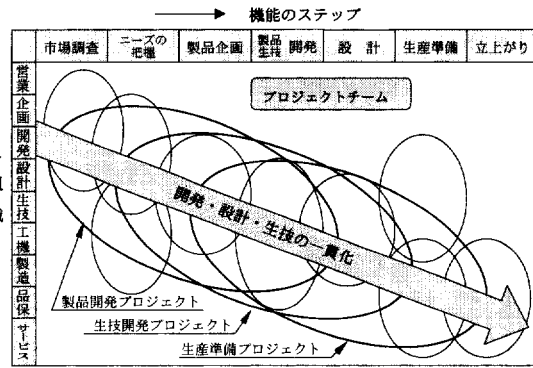


Fig. 3 In the process of development with concurrent engineering, the matrix combination between organization and function is required.

この次期型製品研究会を開発初期から発足させ、開発製品の概要、主要目標値を設定し、それぞれの開発テーマ毎にチームを編成し、実施計画を立案する。この計画をもとに研究会を定期的に開催し、フォローを行っていく。

この「次期型製品研究会」の運営のポイントは以下の4項目である。

- (1) それぞれの部署・プロジェクトが高い（チャレンジ）目標を共有すること。
- (2) 全体計画表 (Fig. 4) を作成し、確実にフォローしていくこと。
- (3) 整合性のある全体計画と個別計画を立案すること。
- (4) 会社経営からみての開発の方向をしっかりと定め、総力を結集して開発を進めるため研究会へ TOP (役員クラス) が参加すること。

○●製品開発大日程表

分類	部署	1	2	3	4	5
全体計画	全部署	キックオフ	事業審議会	設備審議会	フォローアップ会議	
製品開発	営業技術部	構想	立案	1次設計	2次設計	最終出荷
生技開発	生技部 製造部	構想	立案	生技研究計画	設計	仕様書
設備計画	生技部 工機部	構想	立案	設備研究	設計&製作	初期稼働
品質計画	品保部	0次品保	1次品保	2次品保	合理化ライン品保	
コスト計画	企画	コスト企画	チェック	チェック		最終チェック

Fig. 4 The example of project timetable for a new product. Each plan is executed concurrently.

#### 4. コンカレントエンジニアリングを支援する技術

##### 生産システムシミュレーション

工程設計者や設備設計者が設計した生産システムの稼働率や生産高を事前に定量的に評価する手段として、生産システムシミュレーションが活用されてきている。これは生産システムをコンピュータ内に仮想モデリングし、生産システム内の物の動きを模擬的に実現する技術であり、実際の生産システムに対して直接手を打つことなく、事前にコンピュータ内で自分の評価したい改善策などを評価することができるものである。

当社でも、1970年代から FORTRAN による生産システムシミュレーションに着手し、その後 GPSS のような汎用シミュレーション言語なども活用してきた。市場でも、WITNESS(AT & T Istel 社)や Automod (Autosimulations 社)などの生産システムシミュレータ(以降シミュレータ)が販売されてきている。

しかし、コンカレントエンジニアリングの進展に伴い、生産システム検討期間の短縮、生産システム設計品質の向上がますます要求されてきている中、当社でシミュレーション技術を活用していくには、以下のような要件が必要となってきた。

- 1) デンソー生産システムの特徴である多種流動のトランスファラインと、かんばん生産方式に対応できること。
- 2) 生産システムの企画から運用までの各段階で、その検討精度の変化に応じてラフなモデルから詳細なモデルに変更でき、かつ一貫したユーザ環境・モデリング環境でシミュレーションできること。
- 3) 基本的にシミュレーション専門家に頼むのではなく、業務の中で容易に使用できること。

現在、当社では、以上の要件に従って社内開発したシミュレータ“DALIOS”(生産ラインシミュレータ)と“SCOPE”(かんばん生産シミュレータ)を活用している(Fig. 5)。例えば DALIOS では、当社の生産設備の特徴を捉えたモデル要素があらかじめ用意されており、工程設計者や設備設計者が感覚的に使えるよう工夫されている(Fig. 6)。

しかし、このシミュレータも上記の要件を完全に満たしている訳ではない。

たとえば、精度の高い検討を行おうとした場合、考慮すべきパラメータが増加し、実際に日々の業務として検討する生産現場の技術者の負荷になり定着しにく

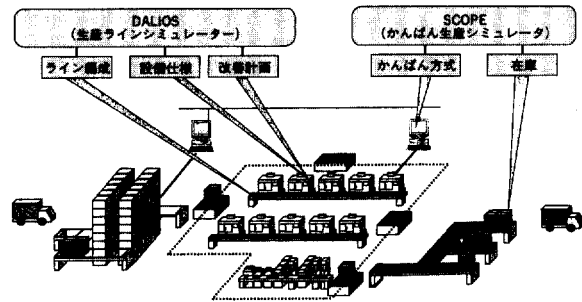


Fig. 5 In DENSO, a suitable production simulator is chosen for each phase from two simulators, in-line production simulator and Kanban production simulator.

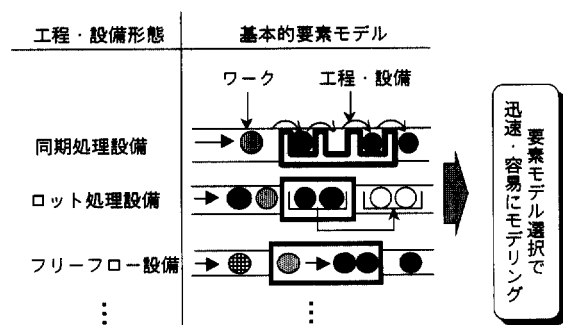


Fig. 6 Model elements are recorded so as to be easily used in inline production simulator「DALIOS」.

いという問題がある。これを解決するためヒューマンインターフェースやパラメータの自動収集技術などの開発が今後必要である。

また、現在のシミュレータは、自ら最適化の機能を持つものではなく、あくまでも人間の考えを検証する道具にすぎない。したがって、不確かなモデリングや、結果の分析によっては、誤った結果を導き、それが鵜呑みされてしまう危険性がある。現在、当社でも何とかその危険を防ぐべく、シミュレータの操作教育と並行して、正しいシミュレーション実験の行い方の社内教育を実施している。

このように当社ではシミュレーション実験のノウハウを蓄積し、パラメータ設定や分析業務を支援してくれる、そんな“からくり”を含んだ真にユーザが使えるシミュレータの開発を目指している。

##### 組立性評価法 (DFA)

製品開発から生産準備までの一連の流れの中で、設計された製品は、何回かの試作を経て、生産準備フェーズへ受け渡される。当社の場合、主要な製品では、次期型製品研究会を通じて、製品開発段階から生技一設

計が一体となって活動するため、設計初期段階から「作り易さ」を考慮した設計を行うことが可能である。

しかしながら、必ずしもすべての製品が次期型製品研究会の対象となるわけではない。

したがって、設計のあるステージまで進んで、「作り易さ」NG が判明し、構造設計からのやり直しを余儀なくされたり、その結果として、試作回数が増大するといった現象が起こることもあり、製品開発期間の増大を招く要因となっている。

こうした開発期間の増大を防ぎ、なおかつ設計初期段階からの改善活動を可能にする一つの手段として、組立性評価法の存在が挙げられる。

当社では、86年に評価手法を確立し、その後のパソコン化を通じて、広く設計部署で活用されている。

この評価法の大きな狙いとして、

- ・設計者の自己評価により「作り易さ」上の問題点を独自に把握できる
- ・評価を定量化することにより、設計一生涯の問題意識を共有化できるという点が挙げられる。(Fig. 7)

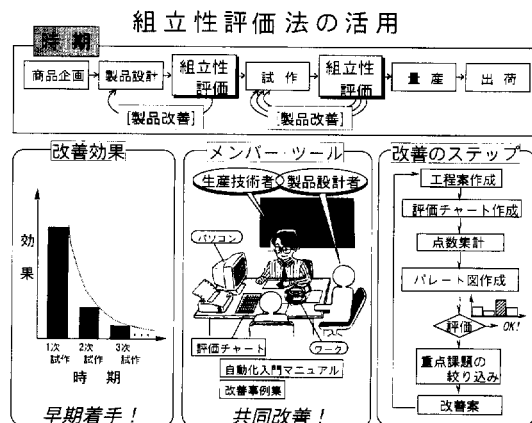


Fig. 7 The productivity evaluation is introduced into two phases, a design phase and a trial production phase.

当社の評価法は Fig. 8 に示すように、チェックリスト方式で構成されており、各設問は、組立費にリンクした点数選択式となっている。設問群は、組立ラインにまつわる部品供給、整列し易さ、つかみ易さ、挿入し易さ等、幅広い分野をカバーした65問であり、評価の結果は相対点で示される。評価は相対的な指標であるが、一定係数での補正により、実設備費を推定することも可能であり、設計者はこの相対評価を通じて、

- ・他社比較 (ベンチマーク)
- ・改善前後の比較 (改善効果の検証)

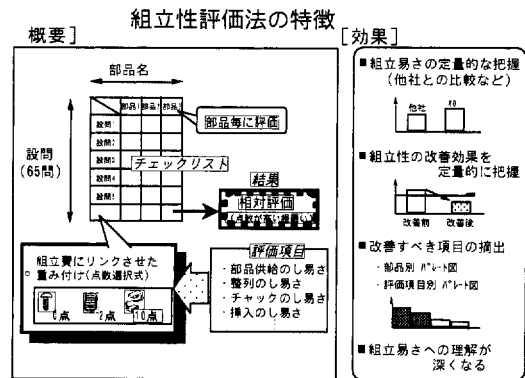


Fig. 8 The method of productivity evaluation is easily used with checklist.

- ・改善すべき部品の洗い出しの面で活用することができる。

また、こうした評価法に欠かすことのできない要素の1つに“評価の簡便性”という項目が挙げられが、当社では平均的に5～6分/部品のレベルを達成している。

このように、評価はあくまで相対的なものであるが、設計者の改善への意識高揚・動機付けの面で、また、設計一生涯の橋渡しの役割として、十分な効果を挙げていると考えている。

また、今回は組立性について述べたが、地球環境問題への対応として、近年、製品のリサイクル性、分解性の向上が求められてきており、これらの評価技術の開発も今後重要になって来るものと考えられる。

### CAD/CAM システム

コンクリートエンジニアリングを支えるツールの1つとして、CAD/CAM が挙げられる。

ここでは、弊社のCAD/CAM システムであるNADAMS について述べる。

NADAMS は、IBM メインフレームをハードウェアとしており、全社約1200台の端末がこれに接続している。本社(愛知県刈谷市)から離れた製造拠点である豊橋製作所であっても、光回線によるネットワークにて本社ホストにアクセスさせており、全社で単一のCADデータベースシステムを共有している。

CAD/CAM に対するユーザーニーズは、製品開発ステップ毎に大幅に異なる。

技術部門では製品仕様別の自動設計機能への、他方、生産準備部門では射出成型型やプレス型といった型種別での自動設計機能への、其々、自動化ニーズが個別に存在する。

これらを満たすべく、NADAMSでは製品別の、あるいは、業務別アプリケーションソフトウェアの自社開発により、ユーザーニーズに即した形での生産性向上を図ってきた。

また、コンカレントエンジニアリングの視点から見るとCADデータの設計、製造での共有とともに、CAEやCAMとの連携も重要な課題であり、NADAMSでは、同一のCADプラットフォーム上でこれを実現している。

しかし、このNADAMSも2次元図面を対象に開発されてきたシステムであり、近年の3次元CADの急速な普及により一つの転機を迎えている。

複数の顧客3次元CADシステムに対応しながら、いかに社内でのこれらの一貫性を維持するかは大きな問題であり、これを解決するための方案として「STEP」等の3次元CADデータ間の完全なデータ変換技術の早期実用化が期待される。

#### 加工分野のCAE

当社でも生産技術分野へのCAEの適用を積極的に行っており、適用している加工技術分野も塑性加工・樹脂成形・鋳造加工・溶接等多岐にわたっている。

この加工CAEを適用するタイミングはFig. 9に示すように、製品の設計段階および型設計等の生産準備に入る段階である。前者では、主に加工性を考慮した製品形状の検討や新規加工方法の開発支援を行う。後者では、量産を見据えてさらに詳細な加工条件の最適化を行う。

これら加工CAEを役立つレベルに引き上げるためには、実加工との比較検証、データの蓄積等が必要であり、当社では生産に関する知識・経験を持つ生産技術者が理論解析専門家の協力を得ながらこの開発を行っている。

### 加工CAEの役割

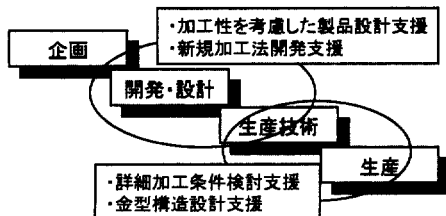


Fig. 9 CAE in process field is introduced into two phases, transition phase from product design to production engineering and that from the product design to the die design.

また、コンカレントに新製品を構築していくには、できる限り早い段階での解析適用が効果的であるが、やはりこの適用にも加工条件・金型等の知識が必要とされるため、これを有する生産技術者が次期型製品研究会等の仕組みを活用しながら開発の初期から解析を行っている。

次に塑性加工分野のCAE技術を事例に当社の取り組み状況を紹介する。

塑性加工は金属材料を金型ではさみ、プレス機械で力を加えることにより、複雑な形状に成形する加工法である。この方法は生産性が高いため、部品加工に広く用いられているが、この分野でも新技術・新形状の実現が重要な課題となっており、加工中のより詳細な挙動を分析することが求められている。

そこで金型内の材料挙動をビジュアルに把握するツールとして、86年頃からCAE技術の開発に取り組んできた。塑性加工のCAEは、変形過程においては金型と材料の接触・摩擦に伴う強い非線形性を克服する解析技術や、得られた結果から破断・巻込み等の不具合を予測する評価技術を開発することが重要である。

開発においては、市販のプログラムをベースに大学等の研究期間との共同開発によりこれに改良を加えたり、必要な機能を追加することを基本スタンスとして進めた。

現在では、3次元の複雑な形状の加工工程の事前検討(Fig. 10)や板成形における破断予測、巻込み予測が可能となっており、新加工法の開発や加工工程の最適化に活用されている。

今後はCAE技術の高度化を図るとともに、モデリング技術の開発・教育システムの整備を行い、さらなる拡大展開を図っていく。

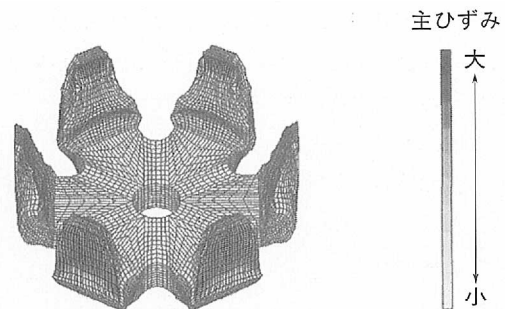
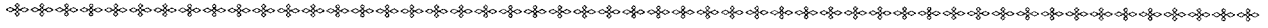


Fig. 10 An example of forging simulation.

## 5. おわりに

今回はデジタルファクトリにおいて重要な役割を果たすコンカレントエンジニアリングの「仕組み」「情報化技術」について当社の事例を引用しながら概説した。

これらの情報化技術を定着させ、真に役立つものとするためには、生産情報の整理、取り込み等に地道な努力が必要であり、今後もこれらのレベルアップに積極的に取り組んでいく所存である。



### <著 者>



宮田 修 (みやた おさむ)

生産技術開発部  
接合・除去・成形加工技術の研究  
開発



松山 方大 (まつやま まさひろ)

生産技術部  
視覚・計測技術の研究開発



土屋 総二郎  
(つちや そうじろう)

デバイス事業部  
デバイスとくにディスプレイ事業  
の推進