

○北海道大学 柄原 弘之, 五十嵐 悟, 群馬職業能力開発短大 斎藤勝政

要 旨

次世代生産システムにおいては、コンカレントエンジニアリングが生産技術の主要な位置付けをもってくる。現行の光造形システムをコンカレント化する必要性について論じた。数値シミュレーションを行って、コンカレント化による総造形時間、平均待ち時間を定式化し、待ち時間で従来法よりも改善されることを示した。

1. 進化する工場としての次世代生産システムと生産環境支援ツールの役割

近年の円高に代表される国際情勢の変化や、PL問題、(生産)環境問題等、製造物に対する意識の高まってきているこの様な情勢にあつては、革新的な技術開発のみならず、製造技術の根本的な見直しが迫られている。

図1は、次世代生産システム実現のための、進化する製品・工場のイメージを模式的に示したものである。

製品の開発・製造には、設計・試作・生産・保全というプロセスが繰り返される。市場のニーズを汲み取った設計に基づき試作を行い、市場向けに生産を開始する。環境問題やPL問題まで考慮したアフターケアとしての保全への取り組みを行い、それを次の設計に生かす。このプロセスの繰り返しにより、会社を存続・発展させて行く。

企業の生産活動は、品質管理、作業環境管理、工程管理、原価管理によりモノ・人・情報・カネの適切な分配と投資が行われる。生産管理を柱として、これを取巻くかたちで改良と新技術を取り入れながら、発展的に会社の能力と製品イメージを高めていく。

生産環境支援ツールの役割とは、企業の資産としての装置や人材を支え、各部門を横断的に接続し、大局的な判断と行動を可能とする道具となることである。このツールの運用の仕方によって、設計から保全までの回転スピードを速くして製品の開発サイクルを高め、またらせんのピッチを増やして技術レベルを押し上げることが可能となる。

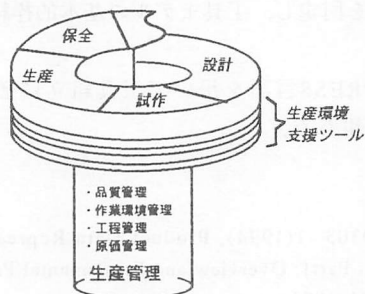


図1 進化する製品・工場での生産環境支援ツールの役割

2. 生産環境支援ツールの各機能

生産環境支援ツールは、情報実体化支援、移動・空間配置支援、劣化・進化支援、コミュニケーション支援より構成され、それぞれ、変換・物理空間・時間・情報交換に関わる問題に対して重点的に支援するためのものである。

情報実体化支援では、計算機内で設計された製品情報デー

タに基づき、Rapid Tooling と熟練者の知識情報を有機的に融合させて、物理的な部品を高速に実体化することを支援する。例として、高速NCや積層造形装置 (Rapid Tooling) がある。

移動・空間配置支援では、原料、部品・製品等の保管、調達で、工場内、企業間を移動する物と人との円滑な運営を支援する。これは後述のCALSに対してハード寄りの支援を指す。

劣化・進化支援では、PL問題を製品の劣化と位置付け、製品開発・生産プロセスで迅速に予測・対応するための支援を行う。また生産設備の日々の進化を考慮し、生産設備の維持・更新等を容易にし、頻繁な生産方法の変更にもフレキシブルに対応でき、高度な生産能力を維持可能とするための支援を行う。

コミュニケーション支援では、ネットワークを用いた電子的なコミュニケーションとデジタル化された製品データを基盤に、データの再利用を最大限に行うことで企画・商取引(CALS = Commerce At Light Speed)や生産を迅速に行うことを支援する。また各プロセスのコンカレント化を実現するために、変更や意志伝達の迅速化と無矛盾化の支援にGroup Worksを行う。

現在、製品データの電子化に伴い、製品開発・製造における設計、試作、生産、保全の各プロセスを同時進行的に進めて、製品開発期間を大幅に短縮するコンカレントエンジニアリング手法が注目されている。本報告では、この中でも情報実体化支援のRapid Toolingの一つである、光造形システムのコンカレント化について論じる。

3. コンカレント光造形システム

3.1 コンカレント光造形システムの効果

図2を用いてコンカレントエンジニアリングが導入された場合の、光造形装置の影響について考察する。いまある製品の開発のために、3種の部品を1台の光造形装置で試作し、評価しなければならない場合を考える。これまでの製造プロセスを用いた場合、2.1のように、部品Aを造形した後に、次の部品Bを造形するという手順を踏むことになる。これでは造形時間の掛かる部品では、その部品の造形が終了するまでは次の部品の作成に取り掛かれないため、たとえ設計工程がコンカレント化したとしても、光造形装置がボトルネックとなって、試作段階がコンカレントシステムとして有効に機能しないことになる。そこで2.2のように、3種の部品の設計が完了した時点で、同時一斉に製作に取り掛かれれば、総合的な製作期間の短縮は可能になる。しかし一般には、各部品の設計がいつ完了するのかわからない。他の設計を受け持った設計者は、最後の部品設計が完了するまでは光造形での製作を待たされることになる。

2.3 は提案するコンカレント光造形システムの製造プロセスである。光造形法は立体形状を定義する薄板形状の積層として模型を作成するが、各層は独立した単純な成形プロセスとして考えることができる。このため、模型Aの成形途中の*i*層で、お互いに干渉しない適切な配置を考えることで別の模型Bの形状を割り込ませ、造形を開始することができる。このようにして次々に新しい造形要求に応じて部品を配置し、造形を開始することができる。割り込ませずに独立して造形を行ほうが良い場合には、現作業が終了してから造形を開始するようにリアルタイムに判断して処理を進める。これによりコンカレントエンジニアリングに対応した、CADデータから物理模型を製作するコンカレントな情報実体化の支援が実現できる。

3.2 コンカレント光造形システムの構成

次に、この提案するコンカレント光造形システムの構成について述べる。図3は、コンカレント光造形システムを実現するための構成モジュールである。ネットワークから送られた形状データはデータベースに保管される。配置決定モジュールは、現在および今後の空き領域を調べて、新たに造形要求のあった形状を追加可能か調べる。また、造形時間見積りモジュールは、造形中の各形状に要求されている制限時間が、形状追加により越えないかを調べる。これらの制限が満たされているときには、追加された形状データを加えた層データが、走査モジュールへ送られる。

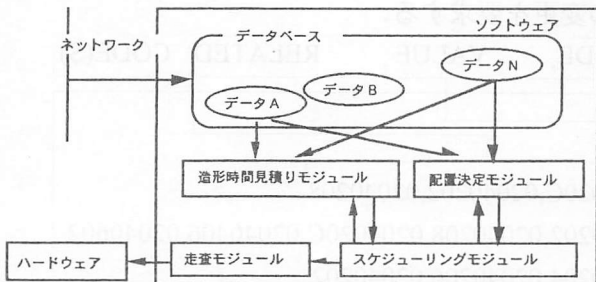


図3 コンカレント光造形システムの構成図

3.3 コンカレント化による造形時間の比較

コンカレント化による効果について、総造形時間および、設計者がデータ作成後から模型が手元に届くまでの平均待ち時間について試算する。簡単化のため、同じ直方体断面積部品をM人の設計者が、それぞれ時間Δ*T*遅れて造形要求を行った場合に、全部の造形が完了する時間*T_A*と設計者の手元に部品が届

く平均時間*T_R*について計算する。2.1の場合の総時間*T_{A1}*と平均時間*T_{R1}*は、

$$T_{A1} = \sum_{j=1}^M \left(T_{setup} + \sum_{i=1}^{N_j} (T_w + T_d) + T_{post} \right) \quad (1)$$

$$T_{R1} = \frac{M \cdot T_{A1} - \sum_{j=1}^{M-1} \Delta T_j}{M} \quad (2)$$

ただし、*N*は設計模型の全層数、Δ*T*は最新の造形要求に対する次の設計者からの造形要求までの時間遅れ、*T_{setup}*は装置調整等の準備時間、*T_{post}*は造形後の模型取出しやポストキュア等の後処理時間、*T_w*はスキージ等による*i*層準備時間であり、*T_d*は断面形状描画時間、*T_m*はサポートメッシュ描画時間である。

同様に2.2の場合の総時間*T_{A2}*と平均時間*T_{R2}*は、

$$T_{A2} = T_{setup} + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j} T_d + \sum_{i=1}^{\text{Max}\{N_j | j=1..M\}} T_w + T_{post} \quad (3)$$

$$T_{R2} = \frac{\sum_{j=1}^{M-1} j \cdot \Delta T_j}{M} + T_{A2} \quad (4)$$

また、2.3の場合の総時間*T_{A3}*と平均時間*T_{R3}*は、以下になる。

$$T_{A3} = \text{Max}_{k=1..M} \left[\text{Max} \left[T_{setup}, \sum_{j=1}^k \Delta T_j \right] + \sum_{i=1}^{N_k} (T_w + T_m) \right] + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j} T_d + T_{post} \quad (5)$$

$$T_{R3} = \frac{M \cdot T_{A3} - \sum_{j=1}^{M-1} \Delta T_j}{M} \quad (6)$$

これをグラフに表すと図4となり、コンカレント化により平均待ち時間について満足の行く結果が得られる事が解る。

4. おわりに

次世代生産システムの基盤となるコンカレントエンジニアリング実現のための生産環境支援ツールを定義し、有効に機能させるためのコンカレント化した光造形システムを提案した。

数値シミュレーションを行い、従来法と比較することでコンカレント化による効果が得られることを示した。

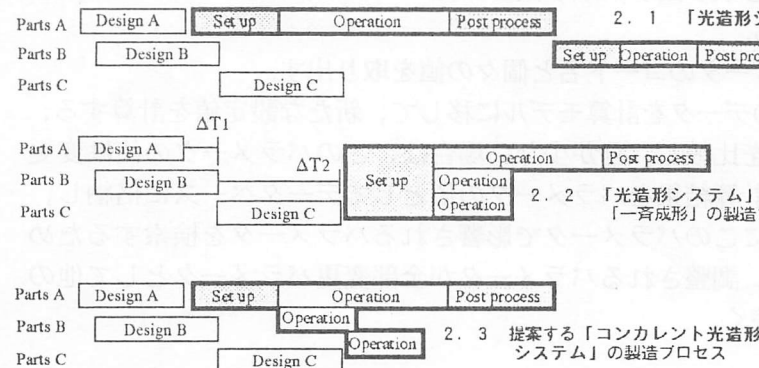


図2 コンカレント光造形システムの効果

2.1 「光造形システム」による通常の製造プロセス

2.2 「光造形システム」による「一斉成形」の製造プロセス

2.3 提案する「コンカレント光造形システム」の製造プロセス

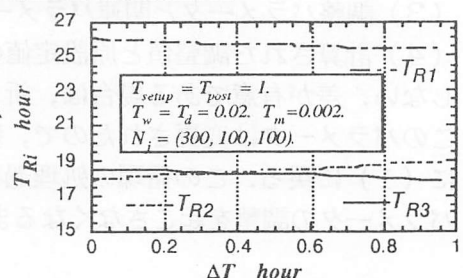


図4 シミュレーション結果