

大輪 武司  
T. Owa

大富 浩一  
K. Ohtomi

成川 昇  
N. Narikawa

21世紀に向けて、もの作りのありかたが変わろうとしている。すなわち、顧客要求の多様化に伴い、従来のマスの生産から個の生産へのニーズがますます増えていく。これに対応するためには、製品開発の環境もそれにふさわしいものが必要となる。当社は、製造業と顧客が一体となり、顧客の欲しいものを早く安く提供するしくみとして“Product On Demand”を考えて、これを実現するためのキー技術である顧客要求抽出技術(電子企画)、エージェント技術(分散協調スケジューリング)、次世代CAD技術(スタイリングCAD)を開発した。

As the 21st century approaches, the product development process is a highly important task requiring careful attention. The wide diversity of customer preferences and requirements is forcing enterprises to adopt more globalized and flexible design and manufacturing styles. More than ever, products are required to be custom-designed, affordable, cost competitive, and delivered on time, and they must also meet strict quality standards.

This paper introduces the product on demand(POD)system, which is a new concept of the product development process. Also described are the key technologies necessary for POD to be realized.

## 1 まえがき

21世紀に向けて、もの作りのありかたが問われている。すなわち、顧客の要求の多様化および情報通信インフラの飛躍的発達に伴い、われわれ製造業としてももの作りのありかたを変えていく必要性を強く感じている。ここでは、当社の考えるもの作りのありかた“Product On Demand”について紹介する。

Product On Demandとは顧客と製造業が一体となり、顧客の望むものを早く安く提供するしくみである。顧客はProduct On Demandブラウザを介して製造業に要求を行い、製造業はこれに対して製品のイメージを顧客に提示する。この段階で顧客/製造業が一体となって顧客の要求が仕様レベル(もの作りを始めるにあたって最低限必要な情報レベル)にまとめられる。仕様レベルの情報は一斉に製品開発に関係する各部門に送られ、より人間主体の協調的な製造が行われる。このようにして、顧客の欲しいものを早く安く提供する。

## 2 Product On Demand システム構成

図1にProduct On Demandのシステム構成を示す。顧客はProduct On Demandブラウザを介して製造業とやりとりを行う。顧客は要求を行い、製造業は製品イメージを提示する。これを繰り返すことにより、あいまいだった顧客の要求が顧客/製造業の両者から見て、明確になっていく。この顧客要求の抽出から仕様の決定までを“電子企画”と呼

ぶ。例えば、情報通信端末を例にとると、デザイン、色、重さ、バッテリー寿命、表示速度、値段などの要求値がこの段階で決まる。これらの値は、製造業の情報も交えて決めた値なので当然製品として製造可能な範囲のものである。顧客がどうしても必要と考え、その対価を支払う場合には開発要素があっても製造は行う。

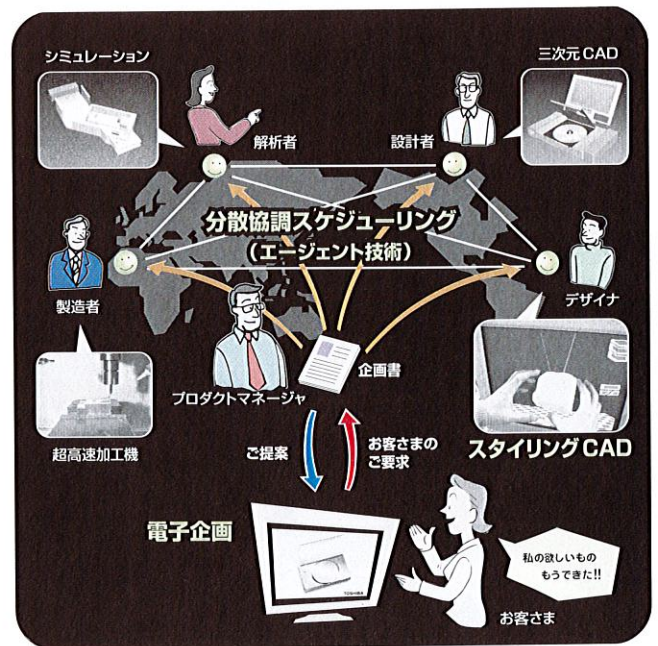


図1. Product On Demandシステム ブラウザを介して顧客と協調して製品開発を進める。

Product on demand system

このようにして決定された仕様レベルの情報は企画書として製品開発にかかわる各部門に一斉に流される。グローバルに分散した各部門間の協調にはエージェント技術が使われる。このエージェント技術を用いた“分散協調スケジューリング”により、製品を早く安く作るための開発計画を支援する。また製品のデザインに関しては、従来はクレイモデルなどでモックアップを作り、その形状を測定し計算機に入力していた。この方法では時間がかかるとともに、測定の際でデザイナーのイメージが欠落するおそれがあった。ここでは、デザイナー自身が直接、キーボードなどを使わずに形状入力の可能な次世代CAD“スタイリングCAD”を開発した。入力されたデータは自動的に標準的なCADデータに変換され、解析者によるシミュレーション、製造者による機械加工を直ちに行うことができる。

以上のほかに、三次元設計技術、シミュレーション技術、グローバル化技術、加工技術といった従来技術を取り込みながら、顧客の欲しいものを早く安く提供する環境を実現する。以下、Product On Demand 実現のための三つのキー技術について述べる。

### 3 電子企画(顧客要求抽出技術)

顧客の要求を製品開発に反映するために、要求を製品企画書レベルまで具体化する環境が“電子企画”である。図2にシステム構成を、図3に画面イメージを示す。

#### 3.1 要求イメージの視覚化

顧客はブラウザを介して要求イメージを伝える。製造側はこれに対して製品イメージを視覚化して顧客に提示する。

(1) シナリオ 顧客の使用シーンを想定して、絵コン

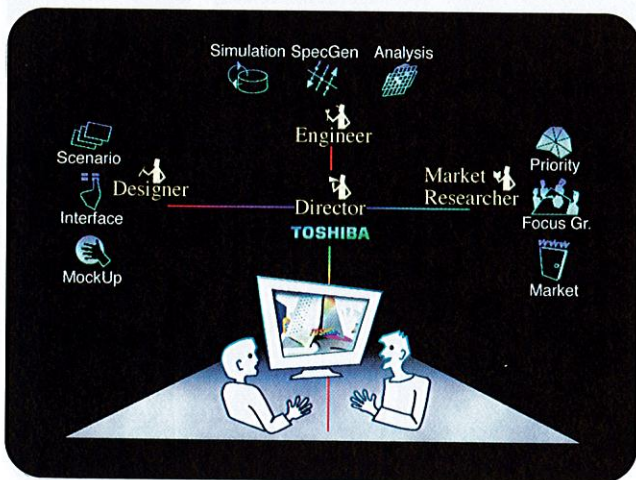


図2. 電子企画の概要 顧客要求の抽出、要求イメージの可視化、製品仕様の作成システムから構成される。

Computer-aided planning system

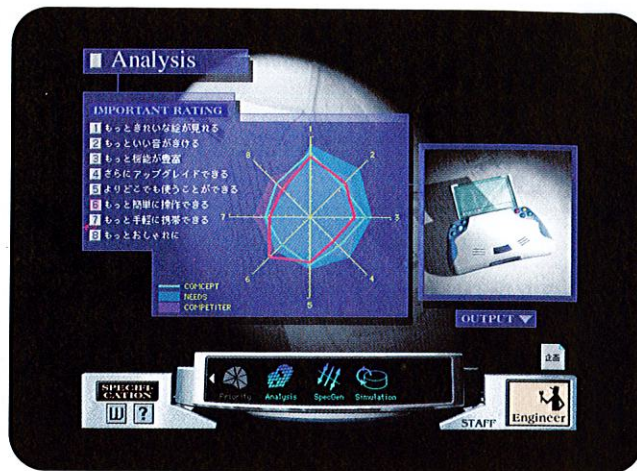


図3. ブラウザの画面(製品仕様の作成) 顧客のニーズを具体的な言葉にし、定量化した満足度を表現したもの。

Example of product on demand browser

テにまとめる。使用シーンと製品イメージに矛盾がないかを検討しながら、具体的にコンセプトを詰めていく。

(2) インタフェース 顧客の立場に立って、使い勝手を検証する。製品の操作をバーチャルに体験しながらインタラクティブに操作性を検証する。

(3) 電子モックアップ 三次元コンピュータグラフィックス(CG)で作った製品イメージをいろいろな方向から見ながら検討する。形状だけでなく、色や表面処理などの質感のバリエーションも同時に考慮する。

#### 3.2 顧客要求の抽出

視覚化されたコンセプトをネットワーク上に開かれたバーチャルショップで発表する。顧客は自分の端末から、さらに希望や感想を製造側に伝える。製造側は、集まった意見からターゲット顧客層を分析、製品に反映する。結果は、顧客だけでなく、製造にかかわる各部門にも伝えられて製品開発に反映する。

(1) マーケット ターゲット顧客層の候補を設定、候補ごとに企画中の製品イメージを提示、ニーズの傾向を読み取る。顧客からの意見や反応を随時集めて、候補設定に役だてる。

(2) グループインタビュー 特に調べたい事項について事前に選定された特定のメンバに直接質問する。

(3) 重要度の評価 バーチャルショップやグループインタビューで得られた顧客の意見を分類・統合、重要度を評価する。

#### 3.3 製品仕様の作成

絞り込まれた顧客の意見を反映して、提示した製品コンセプトを改良する。製品コンセプトを設計仕様データに表すことで、製品案をいくつか作成し、顧客の意見をもっと

も反映した案を採用する。

- (1) 顧客要求の分析 ターゲット顧客層のニーズを具体的な言葉にする。言葉をさらに仕様項目にブレイクダウンし、定量化した顧客満足度のものさしを作る。
- (2) 仕様記述 顧客の要求に合うように改善された製品案を、製造側がどうつくればいいのかわかるレベルまで落とし込んだ製品仕様データとして書き表す。
- (3) シミュレーション 設計仕様データを元に製品のできばえを予測する。

## 4 分散協調スケジューリング(エージェント技術)

### 4.1 概要

製品開発期間の短縮のためには各部門が密に連携する必要がある。これら分散した複数部門にまたがるスケジューリングを可能とするのが“分散協調スケジューリング”である。従来、個別システムとしての自動スケジューリングは可能であったが、部門ごとに分散したスケジューリングシステム間の協調と連携は行えなかった。今回、マルチエージェント技術によりこれを初めて実現した。

図4にシステム構成を示す。各部門長エージェントは担当する工程に対する作業計画を、自部門の開発環境の制約や人員の都合などを考慮して立案する。しかし、それぞれのエージェントが担当する計画は独立しているわけではなく、設計部門での工程の後に解析部門の工程が入るなど、互いの作業計画間には制約関係がある。そこで、この制約を充足するための交渉機能をエージェントにもたせ、エージェントがみずからの計画を立案しながら、他との整合性をとるように調整交渉を行う。

各エージェントの計画立案機能は、当社の“計画問題向

けエキスパートシステム”(ARES<sup>TM</sup>/SCH)を用いて開発した。ARES<sup>TM</sup>/SCHでは、担当者の知識を、フローチャートの形式で知識ベースとして記述することによって、スケジューリングシステムを容易に開発できる<sup>2)</sup>。

### 4.2 交渉機能

交渉機能は、状況によって内部的に計画立案を進めるべきか、外部と交渉を行うべきかを図4の“交渉フレームワーク”を用いて行う。外部と交渉する場合には、“交渉戦略”知識を用いて、自己の計画に適し、また相手にとっても受入れ可能な提案を行う。提案を受けたエージェントは、自己の計画を参考に受入れ可能かどうかの判断をし、回答をする。このようにして全体として整合性の取れた計画を協調して立案する。交渉のプロトコルを開発するうえで必要な技術的な課題には、「複数の交渉が同時に発生したときにこれらを並列にかつ効率的に処理するためのメカニズム」と「交渉における意思決定の上下関係をどうするか」がある。

前者に関しては、複数交渉の処理を効率的に進めるために同期型合意形成のメカニズムを開発した。例えば交渉1が調整局面を終了して合意形成フェーズに入ったときに、他の交渉は交渉1の合意内容との整合性チェックを同期して行う。このときに、矛盾がある交渉はそれまでの調整を破棄して再調整を行うが、矛盾のない交渉はそのまま調整を交渉できる。これにより全体としての実行効率を上げることができる。また、後者については固定的な上意下達の組織構造ではなく、問題や局面に応じて動的に互いの上下関係を変更できるプロトコルになっている。例えば、自分にとって非常に都合の悪い状況では、できるだけ自分の意志を通すといった柔軟な交渉戦略を個々のエージェントがもつことが可能となった。

## 5 スタイリングCAD(次世代CAD技術)

従来、デザイン形状をデータ化するには、デザイナーが作ったモックアップを測定して計算機にデータを入力するのが一般的であった。この方法では非常に手間がかかるとともに、デザイナーのイメージが必ずしも直接的にはデータに変換されず、製品段階で問題となり何回かの作りなおしを余儀なくされることがあった。そこで、キーボードを使わずにデザイン形状を直観的に入力できる次世代CAD“スタイリングCAD”を開発した。

### 5.1 システムの構成

図5にシステム構成を示す。パッド上には約2,000個(44×44)の微小な圧力センサのアレーが配置され、形状変形の操作を数値化する。スイッチにより凹変形、凸変形の切り替えが可能であり、また変形領域を自由に設定することにより、ミクロな変形からマクロな変形までが可能であ

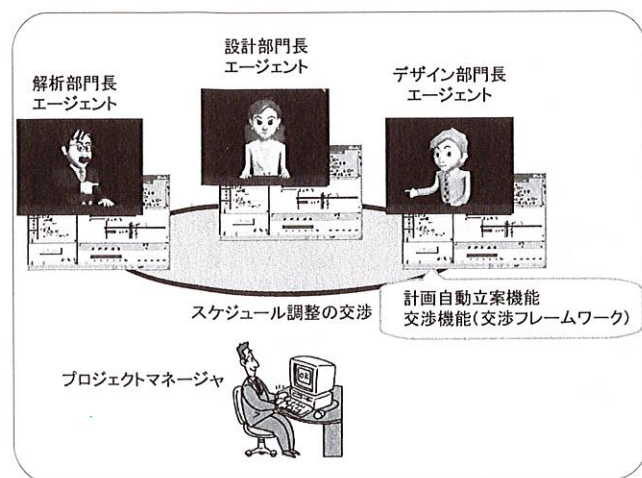


図4. 分散協調スケジューリングシステム 各エージェントは自部門スケジューリングと相手との交渉を行う。

Distributed and collaborative scheduling system

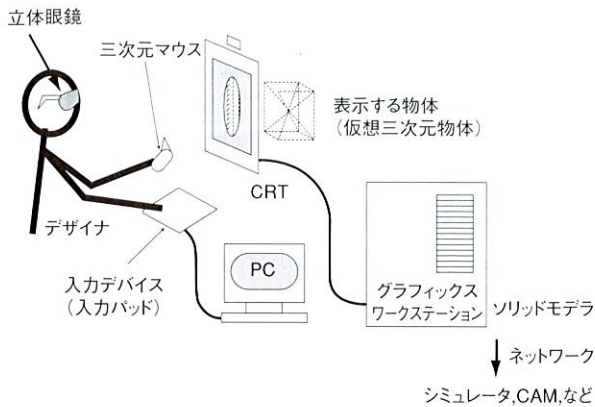


図5. スタイリング CAD パッド中の圧力センサからの信号は CAD の操作に変換され、ネットワークを介してシミュレーションや加工システムへ伝えられる。

#### Styling CAD system

る。また、極端な変形を回避するため変形量の上限も指定できる。入力装置の制御はパソコン(PC)で、CAD データへの変換/立体表示はエンジニアリングワークステーション(EWS)で行っている。入力装置のデータはデジタル化され、PC から 10 ms ごとに EWS に送られるため、リアルタイムに形状操作の結果を確認することができる。スタイリング CAD のデータはネットワークを介してシミュレーション、加工へとデータが渡る。

#### 5.2 使用例

図 6 に実際に“スタイリング CAD”で操作しているようすおよび加工サンプルを示す。手に持っているのが入力装置で、入力装置上面のパッドを押したり、なでたりすることにより、粘土細工の感覚でものの形を作ることができる。

この操作が内部では CAD 操作と対応しているため、自動的に標準的な CAD データを作ることが可能である。したがって、デザイナーの造形後、直ちにシミュレーションや機械加工を行うことができる。入力装置で造形された形状は画面上に立体表示される。デザイナーは図 6 のような眼鏡により立体像を見ながら作業ができる。また、入力装置には三次元位置センサが内蔵されており、装置全体を前後左右上下など自由に動かすことにより、画面上の立体像も変化するため、あたかも粘土細工の感覚で造形をしている感じを味わえる。図中に、“スタイリング CAD”で作った形状データを加工機に送り、アクリルを削った例をあわせて示した。形状作成から加工終了までに要する時間は 1 時間弱である。

このように、“スタイリング CAD”を用いることにより、意匠設計から製造設計に至る一連の流れが計算機で支援され、製品開発のスピードアップが図れる。

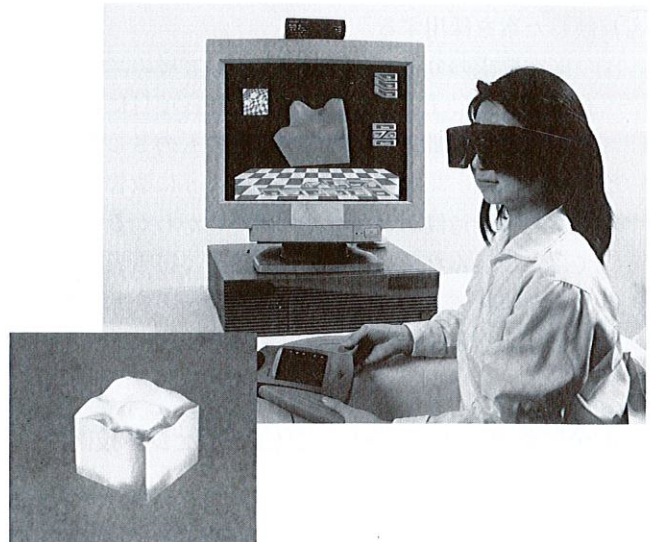


図6. 意匠設計から製造までの統合 スタイリング CAD を用いることによりデザイナーの感性が製造につながる。

#### Integration from industrial design to machining

## 6 あとがき

顧客の欲しい製品を早く安く提供するしくみである、Product On Demand の概念を述べるとともに、実現のためのキー技術である電子企画、分散協調スケジューリング技術、スタイリング CAD について紹介した。今後も個々のキー技術の開発およびそれらの統合化システムの構築を続けていく予定である。

## 文献

- (1) 亀山研一他：3次元形状操作環境の開発，第8回ヒューマンインタフェース講演会論文集，pp.7-12(1992)
- (2) 小島品一，他：スケジューリング問題向けタスク特化シェル ARES<sub>TM</sub> /SCH，東芝レビュー，49，8，pp.553-555(1994)



#### 大輪 武司 Takeshi Owa

研究開発センター 首席技監。  
メカトロ技術の研究開発に従事。日本機械学会，精密工学会会員。  
Research & Development Center



#### 大富 浩一 Koichi Ohtomi, Ph.D.

研究開発センター 機械・エネルギー研究所ラボラトリーリーダー，理博。メカ基盤技術の研究開発に従事。日本機械学会，ASME 会員。  
Energy & Mechanical Research Labs.



#### 成川 昇 Noboru Narikawa

研究開発センター 機械・エネルギー研究所研究主務。  
機械系 CAE 技術の研究開発に従事。日本機械学会会員。  
Energy & Mechanical Research Labs.